GB/T

1800.1～4－1997～1999
1801－1999
5371－2004

第5版

公差与配合问答

GONGCHA YU PEIHE WENDA

傅成昌 傅晓燕 等编著

内容全★资料新★查询易

畅销
20万册





机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

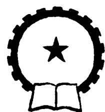
VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

公差与配合问答

第 5 版

傅成昌　傅晓燕　等编著



机 械 工 业 出 版 社

公差与配合是一项涉及面广，影响深远的重要基础标准。它的应用涉及国民经济的各个部门，尤其对机械行业更具有重要作用。

本书是2007年第4版的修订本，按照最新标准，以问答的形式、通俗的语言，介绍了极限与配合的有关知识，表面粗糙度，圆锥、滚动轴承、键和花键、螺纹及齿轮的公差标准。本书的各部分内容包括公差与配合的原理与分析、代号与标注、数据与选用、应用与检测实例等，实用性强，便于在工作中查阅。

本书可供机械工人、工程技术人员和技工学校师生学习使用，也可供标准化工作者参考。

图书在版编目（CIP）数据

公差与配合问答/傅成昌等编著. —5版. —北京：机械工业出版社，2016. 12

ISBN 978-7-111-55370-0

Ⅰ. ①公… Ⅱ. ①傅… Ⅲ. ①公差-配合-问题解答 Ⅳ. ①TG801-44

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第274882号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：王晓洁 责任编辑：王晓洁 杨 璇
责任校对：刘 岚 封面设计：马精明
责任印制：李 洋
保定市中画美凯印刷有限公司印刷
2017年2月第5版第1次印刷
140mm×203mm · 15印张 · 394千字
0001—3000册
标准书号：ISBN 978—7—111—55370—0
定价：49.80元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203

网络服务
机 工 官 网：www. cmpbook. com
机 工 官 博：weibo. com/cmp1952
金 书 网：www. golden-book. com
教育服务网：www. cmpedu. com

封面无防伪标均为盗版

前　　言

公差与配合是机械工业中一项重要的基础标准。它是保证零部件互换与配套、组织专业化生产不可缺少的技术措施。它直接影响着产品的精度、性能和使用寿命，是评定产品质量的重要指标。

为了适应改革开放的需要，满足国民经济、科学技术高速发展的要求，近年来，我国对公差与配合有关标准进行了多次修订，等效采用了国际标准化组织（ISO）颁布的最新标准，使各项标准更加科学，概念明确、严密，规律性强，有利于促进经济发展和科技进步，有利于国际技术交流和经济协作。

为了帮助广大技术人员和机械工人学习和尽快掌握公差与配合新国家标准的有关知识，并在生产中贯彻应用，我们对《公差与配合问答（第4版)》进行了修订。修订后的《公差与配合问答（第5版)》采用最新国家标准，理论联系实际，在介绍基本概念、基本理论的基础上，着重介绍实际应用，各部分内容均包括代号与标注、数据与选用、应用与检测实例，使其实用性更强，便于工作中随时查阅。

本书仍以问答的形式、简明通俗的语言，并通过典型实例和形象的插图，对每个问题做出明确的解答，内容更加结合生产实际。为便于应用，书末附有新标准的极限偏差及常用配合表，供工作中查阅。

本书自1983年5月出版以来，经过多次修订，发行近20万册，深受广大读者喜爱，热心读者不断反馈宝贵信息，在此谨向广大读者表示感谢。

本书主要由傅成昌、傅晓燕编写，参与本书编写工作的还有李亮、何芝兰、张光林、戚灏洋、曹益函等。在修订过程中得到了有关单位的大力支持与帮助，在此一并表示感谢。

由于我们水平所限，书中难免存在缺点和不足之处，恳请广大读者赐教、指正。

编　者

目　　录

前言

概述 ………………………………………………………………… 1

1. 现代机械工业生产的特点是什么？ ………………………………… 1
2. 什么是互换性？它对现代工业生产有何重要意义？ ……………… 2
3. 具有互换性的零件应具备哪些条件？ ……………………………… 3
4. 什么是加工误差？加工误差可分为哪些类型？ …………………… 5
5. 什么是极限与配合制？它包括哪些内容？ ………………………… 6
6. 建立《极限与配合》标准有何重要意义？ ………………………… 7
7. 什么是国际公差制？它有何特点？ ………………………………… 8
8. 我国为什么要采用国际公差制？国家标准《极限与配合》包括哪些内容？ ……………………………………………………………… 9

基本概念 ……………………………………………………………… 11

9. 什么是尺寸？什么是尺寸要素？ …………………………………… 11
10. 在《极限与配合》标准中，轴与孔有何特定的含义？ …………… 11
11. 什么是公称尺寸？它是怎样确定的？ …………………………… 12
12. 什么是实际（组成）要素？什么是提取组成要素、拟合组成要素？ ……………………………………………………………… 13
13. 什么是极限尺寸？它在生产中有何重要意义？ ………………… 14
14. 什么是尺寸偏差？图样上极限偏差有哪几种不同标注形式？ …… 15
15. 什么是尺寸公差？它与极限尺寸、极限偏差有何关系？ ………… 17
16. 公差与偏差在概念上有何根本区别？ …………………………… 17
17. 什么是极限与配合示意图？它表示什么意义？ ………………… 18
18. 什么是公差带？公差带是由哪两个基本要素组成的？ ………… 19
19. 什么是配合？它在生产中有何实用意义？ ……………………… 22
20. 什么是间隙？什么是过盈？ ……………………………………… 22
21. 什么是间隙配合？怎样计算间隙配合的最大间隙与最小间隙？ … 23
22. 什么是过盈配合？怎样计算过盈配合的最大过盈与最小过盈？ … 25



23. 什么是过渡配合？怎样计算过渡配合的最大间隙与最大过盈？ … 27
24. 什么是配合公差？怎样计算配合公差？ …… 29
25. 什么是配合公差带图？ …… 30
26. 什么是配合制？标准中规定基准制配合对生产有何重要意义？ … 31
27. 什么是基孔制配合？什么是基轴制配合？ …… 33
标准公差 …… 35
28. 什么是标准公差？标准公差等级代号是什么？ …… 35
29. 什么是标准公差因子？标准公差因子是怎样确定的？ …… 35
30. 为什么标准中要规定公称尺寸分段？标准中公称尺寸是怎样分段的？ …… 37
31. 什么是标准公差等级？怎样确定公称尺寸至500mm的各级标准公差？ …… 39
32. 怎样确定公称尺寸大于500～3150mm的标准公差？ …… 41
33. 什么是标准公差数值的修约？标准中怎样规定修约规则？ …… 42
34. 怎样正确使用标准公差数值表？ …… 43
35. 标准中公称尺寸大于3150～10000mm的标准公差是怎样规定的？ …… 47
36. 标准中规定的公差等级规律性对生产有何重要意义？ …… 47
基本偏差 …… 49
37. 什么是基本偏差？基本偏差代号是怎样规定的？ …… 49
38. 轴的基本偏差系列是怎样分布的？其怎样构成轴的公差带？ …… 50
39. 公称尺寸小于或等于500mm轴的基本偏差是怎样确定的？ …… 52
40. 孔的基本偏差系列是怎样分布的？是怎样构成孔的公差带？ …… 55
41. 公称尺寸小于或等于500mm孔的基本偏差是怎样确定的？ …… 58
42. 公称尺寸大于500～3150mm轴与孔的基本偏差是怎样确定的？ … 61
43. 标准中基本偏差的修约规则是怎样规定的？ …… 62
44. 怎样正确使用基本偏差数值表？ …… 63
45. 标准中公称尺寸大于3150～10000mm时的基本偏差是怎样确定的？ …… 74
极限与配合的注法及极限偏差表 …… 76
46. 什么是公差带代号？它表示什么意义？ …… 76
47. 零件图上的公差注法有哪几种形式？ …… 76
48. 用极限偏差标注尺寸公差时，应注意哪些问题？ …… 78

49. 图样上采用公差带代号标注时，应怎样确定其极限偏差？ ········ 79
50. 国家标准中极限偏差表包括哪些内容？怎样正确使用极限偏差表？ ········ 81
51. 什么是一般用途、常用和优先公差带？ ········ 82
52. 公称尺寸至 500mm 孔、轴公差带的选用范围是怎样规定的？······ 83
53. 公称尺寸大于 500 ~ 3150mm 孔、轴公差带的选用范围是怎样规定的？ ········ 86
54. 什么是配合代号？它表示什么意义？ ········ 87
55. 在装配图上配合的注法有哪几种形式？ ········ 87
56. 什么是优先和常用配合？标准中规定有哪些优先、常用配合？ ··· 89
57. 怎样确定优先、常用配合的极限间隙或极限过盈？ ········ 92

极限与配合的选择与应用 ········ 93

58. 极限与配合的选择包括哪些内容？选择的一般步骤是怎样的？ ··· 93
59. 基准制的选择原则是什么？ ········ 93
60. 公差等级的选择原则是什么？ ········ 96
61. 配合的选择原则是什么？········ 100
62. 选用配合常用哪些方法？········ 104
63. 哪些情况下图样上的尺寸可以不标注公差？········ 105
64. 什么是一般公差？怎样确定一般公差的极限偏差？········ 105
65. 一般公差适用范围如何？它对生产有何重要意义？········ 106
66. 什么是配制配合？它有什么特点？········ 108
67. 对配制配合零件有哪些要求？········ 109
68. 配制配合在图样上如何标注？怎样确定配制件的极限尺寸？······ 109
69. 怎样选用配制配合？········ 110

公差原则 ········ 113

70. 什么是公差原则？它对生产有何重要意义？········ 113
71. 什么是几何公差？它对生产有何重要意义？········ 114
72. 几何公差包括哪些项目？图样上怎样表示几何公差要求？········ 114
73. 什么是最大实体状态？什么是最大实体边界？········ 116
74. 什么是最小实体状态？什么是最小实体边界？········ 117
75. 什么是最大实体实效状态？什么是最大实体实效边界？········ 118
76. 什么是最小实体实效状态？什么是最小实体实效边界？········ 119
77. 什么是独立原则？独立原则应用范围如何？········ 120



78. 什么是相关要求？相关要求包括哪些项目？…………………………… 122
表面粗糙度及其检测 ………………………………………………………… 129
79. 什么是表面粗糙度？它对产品性能有何影响？……………………… 129
80. 什么是取样长度和评定长度？…………………………………………… 130
81. 什么是粗糙度轮廓？确定粗糙度轮廓中线有哪两种方法？……… 131
82. 评定表面粗糙度的特征参数有哪几种？……………………………… 132
83. 什么是表面粗糙度附加评定参数？…………………………………… 134
84. 什么是表面粗糙度符号？它表示什么意义？………………………… 136
85. 表面粗糙度补充要求的注写位置是怎样规定的？…………………… 138
86. 怎样正确标注表面粗糙度？……………………………………………… 139
87. 规定表面粗糙度要求的一般规则是什么？…………………………… 142
88. 表面粗糙度与尺寸公差有何关系？…………………………………… 143
89. 怎样合理地选择表面粗糙度？………………………………………… 144
90. 选择零件表面粗糙度的方法有哪些？………………………………… 145
91. 表面粗糙度的检测方法有哪些？……………………………………… 147
工件尺寸的检验 ……………………………………………………………… 150
92. 工件尺寸的检验对生产有何重要意义？……………………………… 150
93. 工件尺寸检验的验收原则是什么？…………………………………… 150
94. 工件尺寸检验的验收方法基础是什么？……………………………… 151
95. 工件尺寸测量的标准条件是什么？…………………………………… 152
96. 什么是验收极限？确定验收极限有哪两种方式？…………………… 153
97. 怎样选择验收极限的方式？……………………………………………… 154
98. 怎样确定内缩验收极限的极限值？…………………………………… 158
99. 什么是测量？测量过程四要素是什么？……………………………… 159
100. 什么是计量器具？常用计量器具有哪些种类？ …………………… 160
101. 计量器具的主要计量性能参数有哪些？ …………………………… 163
102. 什么是计量器具的不确定度？常用计量器具的不确定度数值
如何确定？ ………………………………………………………………… 165
103. 什么是量块？它有什么用途？ ……………………………………… 168
104. 怎样正确地使用量块？ ……………………………………………… 169
105. 游标卡尺常见有哪些结构形式？其结构特点如何？ ……………… 171
106. 游标读数原理是什么？怎样正确读数？ …………………………… 172
107. 怎样正确使用游标卡尺？ …………………………………………… 176

108. 高度游标卡尺的构造是怎样的？怎样正确使用高度游标卡尺？…… 179
109. 深度游标卡尺的特点是什么？怎样正确使用深度游标卡尺？ … 181
110. 千分尺的工作原理是怎样的？ …………………………………… 182
111. 外径千分尺的构造是怎样的？怎样正确使用外径千分尺？ …… 183
112. 杠杆千分尺的构造是怎样的？怎样正确使用杠杆千分尺？ …… 185
113. 内径千分尺的构造是怎样的？怎样正确使用内径千分尺？ …… 187
114. 深度千分尺的构造是怎样的？怎样正确使用深度千分尺？ …… 188
115. 百分表的构造是怎样的？怎样正确使用百分表？ ……………… 188
116. 杠杆百分表的构造是怎样的？怎样正确使用杠杆百分表？ …… 192
117. 内径百分表的构造是怎样的？怎样正确使用内径百分表？ …… 193
118. 什么是测量方法？测量方法可分为哪些类别？ ………………… 195
119. 测量方法的选择原则是什么？ …………………………………… 197
光滑极限量规 …………………………………………………………… 199
120. 什么是光滑极限量规？它在生产中有何用途？ ………………… 199
121. 常用光滑极限量规有哪些结构形式？各自使用范围如何？ …… 200
122. 光滑极限量规的设计原理是什么？ ……………………………… 203
123. 什么是通规？什么是止规？ ……………………………………… 205
124. 符合极限尺寸判别原则的量规应具备什么条件？生产中为什么允许偏离该原则？ …………………………………………… 205
125. 极限量规按其用途可分为哪几类？ ……………………………… 206
126. 怎样确定工作量规的公差带？ …………………………………… 207
127. 怎样确定量规的极限尺寸？ ……………………………………… 211
128. 极限量规有哪些技术要求？ ……………………………………… 213
129. 使用极限量规检验零件时的验收原则有哪些规定？ …………… 214
130. 怎样正确使用极限量规？ ………………………………………… 215
131. 校对量规有何用途？其公差和技术要求是怎样规定的？ ……… 216
132. 怎样确定校对量规的公差带？ …………………………………… 218
圆锥的公差与配合 ……………………………………………………… 220
133. 什么是圆锥配合？圆锥配合有何特点？ ………………………… 220
134. 什么是公称圆锥？公称圆锥的特征参数有哪些？ ……………… 221
135. 圆锥的锥度与锥角系列是怎样规定的？ ………………………… 222
136. 圆锥的尺寸注法有哪些形式？ …………………………………… 224
137. 什么是实际圆锥？什么是极限圆锥？ …………………………… 226



138. 什么是圆锥公差？圆锥公差包括哪些项目？ …………………… 228
139. 什么是圆锥公差区？圆锥公差的给定方法有哪几种？ ………… 232
140. 图样上圆锥公差有哪几种标注方法？其要求的含意如何？ …… 233
141. 圆锥配合有哪些种类？圆锥配合的形成分哪两类方式？ ……… 238
142. 圆锥配合的基本要求有哪些？ ……………………………………… 240
143. 怎样选定结构型圆锥配合？ ………………………………………… 241
144. 怎样选定位移型圆锥配合？ ………………………………………… 243
145. 圆锥检测有哪些方法？ ……………………………………………… 245
滚动轴承的公差与配合 …………………………………………………… 250
146. 什么是滚动轴承？滚动轴承的基本构造是怎样的？ …………… 250
147. 滚动轴承分为哪些类型？其代号表示什么意义？ ……………… 251
148. 滚动轴承公称尺寸有哪些？其尺寸公差与旋转精度规定有哪些项目？ …………………………………………………………… 253
149. 滚动轴承的公差等级是怎样规定的？ …………………………… 256
150. 滚动轴承的安装有何要求？ ………………………………………… 258
151. 滚动轴承与轴和孔的配合公差带是怎样规定的？ ……………… 259
152. 怎样合理选择滚动轴承和轴与外壳孔的配合？ ………………… 261
键和花键联结的配合与检测 ……………………………………………… 263
153. 什么是键联结？键联结有哪些种类？ …………………………… 263
154. 键联结的配合特点是什么？ ………………………………………… 264
155. 怎样确定平键联结的尺寸及其公差与配合？ …………………… 265
156. 键联结的一般设计步骤是怎样的？ ……………………………… 267
157. 怎样确定半圆键联结的尺寸及其公差与配合？ ………………… 275
158. 单键槽加工精度的检验方法有哪些？ …………………………… 277
159. 什么是花键联结？花键联结有哪些种类？ ……………………… 279
160. 矩形花键联结的结构特点是什么？ ……………………………… 280
161. 矩形花键的尺寸系列是怎样规定的？ …………………………… 281
162. 怎样确定矩形花键的公差与配合？ ……………………………… 283
163. 什么是矩形花键代号？怎样在图样上标注矩形花键？ ………… 285
164. 怎样检测矩形花键的精度？ ………………………………………… 287
螺纹的公差与检测 ………………………………………………………… 289
165. 什么是螺纹？构成螺纹的要素有哪些？ ………………………… 289
166. 螺纹可分为哪些种类？ ……………………………………………… 290

167. 普通螺纹的基本牙型和公称尺寸是怎样规定的？ …………… 291
168. 影响螺纹互换性的要素有哪些？ ……………………………… 293
169. 保证普通螺纹互换性的条件是什么？ ………………………… 293
170. 普通螺纹的公差带是怎样规定的？ …………………………… 295
171. 怎样选取螺纹公差带与组合？ ………………………………… 299
172. 螺纹代号标记是怎样规定的？怎样在图样上标注螺纹？ ……… 301
173. 常用螺纹检测方法有哪些？ …………………………………… 303

圆柱齿轮的公差与检测 …………………………………… 308

174. 什么是齿轮传动机构？齿轮传动有哪些类型？ ………………… 308
175. 齿轮传动有哪些使用要求？ …………………………………… 309
176. 影响齿轮传动使用要求的误差有哪些？ ………………………… 310
177. 什么是《圆柱齿轮 ISO 精度制》？我国为何等同地采用
“圆柱齿轮 ISO 精度制”？ …………………………………… 311
178. 国家标准《圆柱齿轮　精度制》（GB/T 10095—2008）包括
哪些内容？ ……………………………………………………… 312
179. 《圆柱齿轮　精度制》（GB/T 10095—2008）规定有哪些
评定项目？ ……………………………………………………… 313
180. 标准（GB/T 10095—2008）中齿轮精度构成是怎样规定的？… 313
181. 《圆柱齿轮　检验实施规范》（GB/Z 18620—2008）对生产
有何重要意义？齿轮偏差检测基本要求和偏差位置是怎样
规定的？ ………………………………………………………… 315
182. 齿距偏差规定有哪些评定项目？各项目的偏差是怎样
规定的？ ………………………………………………………… 317
183. 齿距偏差的检验方法有哪些？ ………………………………… 320
184. 齿廓偏差规定有哪些评定项目？各项目的偏差是怎样
规定的？ ………………………………………………………… 324
185. 怎样检测齿廓偏差？ …………………………………………… 327
186. 什么是螺旋线偏差？螺旋线偏差是怎样规定的？ ……………… 328
187. 怎样检测螺旋线偏差？ ………………………………………… 330
188. 什么是切向综合偏差？切向综合偏差是怎样规定的？ ………… 330
189. 怎样检测切向综合偏差？ ……………………………………… 333
190. 什么是径向综合偏差？径向综合偏差是怎样规定的？ ………… 334
191. 怎样检测齿轮的径向综合偏差？ ……………………………… 335



192. 什么是齿轮的径向跳动？齿轮的径向跳动偏差是怎样规定的？ …… 338
193. 怎样检测齿轮径向跳动偏差？ …… 339
194. 什么是齿厚偏差？齿厚的极限偏差是怎样规定的？ …… 341
195. 怎样检测齿厚偏差？ …… 343
196. 什么是侧隙？怎样给定极限侧隙？ …… 344
197. 什么是基准轴线、工作轴线？确定基准轴线的方法有哪些？ … 347
198. 什么是中心距和轴线平行度偏差？怎样给定中心距和轴线平行度偏差？ …… 350
199. 什么是轮齿接触斑点？对接触斑点有何要求？ …… 351
200. 齿轮齿面表面粗糙度要求是怎样规定的？ …… 353
201. 怎样选择齿轮精度等级？ …… 354
202. 齿轮偏差检测要求是什么？ …… 355
附录 …… 356
附录 A　孔的极限偏差（GB/T 1800.2—2009） …… 356
附录 B　轴的极限偏差（GB/T 1800.2—2009） …… 404
附录 C　公称尺寸至 500mm 的优先、常用配合极限间隙或极限过盈（GB/T 1801—2009） …… 448

概　　述

1. 现代机械工业生产的特点是什么？

答：机械工业担负着为国民经济各部门提供先进技术装备的任务。随着国民经济和科学技术的飞速发展，对机械工业提出了更高的要求：为国民经济各部门提供性能优良、品种齐全、数量充足、成本低廉，能满足人民生产和生活不同需要的优质机械产品。为了适应这一要求，必须进行高度专业化协作生产，就是将组成机器的各个零部件，分别由各专业厂或车间组织成批生产，最后集中到总装厂（或车间）装配成完整的机械产品。以图 1 所示的车床为例，它是由床身 2、底座 3、进给箱 4、主轴箱 5、溜板箱 7、刀架 6 和尾座 1 等部件组成。其中尾座部件（图 1 中上方）又由尾座体、底板、螺杆、套筒和顶尖等零件构成。由许多工厂或车间，按照生产图样和技术文件要求，加工出上述所有零部件，最后由总装车间把成批加工出的合格零部件装配在一起，组成一台车床。

由此可见，现代机械工业生产的特点是：生产规模越来越大，技术要求高，生产协作广泛。许多产品往往要涉及数十个、甚至上百个生产企业，生产协作点遍布全国各地，甚至世界各个国家或地区。在一个企业内部也要涉及产品设计、工艺、技术检验以及生产管理和技术管理等许多部门和技术环节。这样一个复杂、严密的生产组合，必须采用互换性原则，在技术上保持高度统一和协调一致。要做到这一点，就必须制订并严格执行一系列标准，使各个生产部门和生产环节在技术上统一和协调起来，使整个社会生产形成一个有机的整体。

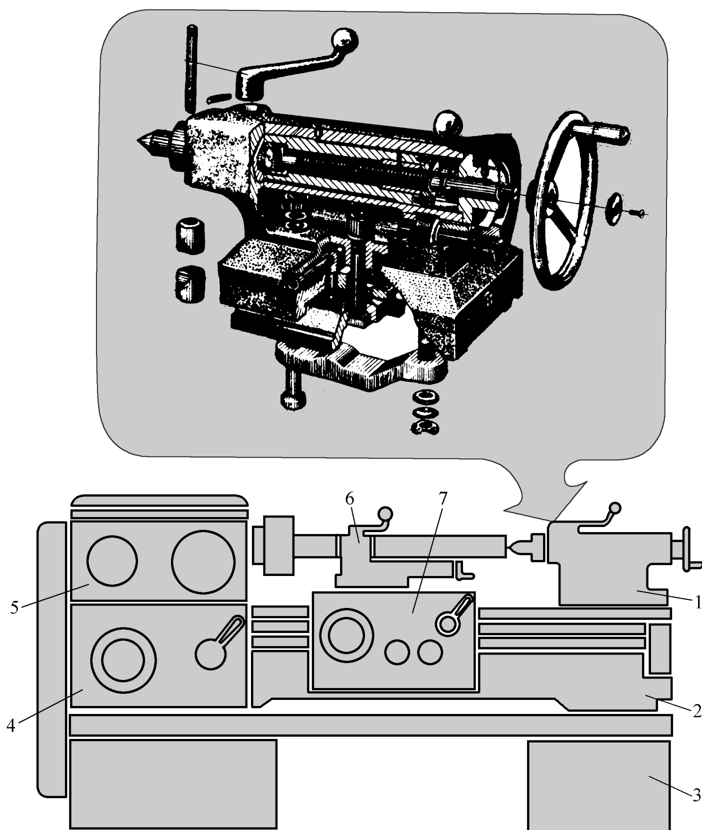


图1　车床的组成

1—尾座　2—床身　3—底座　4—进给箱

5—主轴箱　6—刀架　7—溜板箱

2. 什么是互换性？它对现代工业生产有何重要意义？

答：一台机器是由很多零件装配在一起所构成的。装配时，从大批量生产出的同一规格零件中任意取出一件，不需要再经过任何选择或修配，便可直接安装到机器所在部位上去，并能完全符合规定的使用性能要求，这种技术特性称为互换性。这类零部



件称为具有互换性的零部件。

互换性是现代机械工业按照专业化协作原则组织生产的基本条件。按照互换性原则进行生产，有利于广泛地组织协作，进行高效率的专业化生产，从而便于组织流水作业和自动化生产，大大简化零部件的设计、制造和装配过程，缩短生产周期，提高劳动生产率，降低生产成本，保证产品质量，便于使用维修。因此，互换性是现代机械工业生产必不可少的重要技术措施。

3. 具有互换性的零件应具备哪些条件?

答: 具有互换性的零件应保证零件的几何参数、力学性能与其相应技术要求的一致性。

1) 几何参数是指零件的尺寸大小、几何形状和相互位置以及表面粗糙度等。为了满足互换性要求，实际零件的各项几何参数必须保持在一定的加工精度范围内。

加工精度是指零件加工后，所得到的实际尺寸、几何形状及其相互位置的准确程度。对零件加工精度的要求，通常是由设计者根据零件的功能要求提出的，并按照国家标准规定，确切地标注在零件图上，如图2所示。因此，具有互换性的零件，必须符合图样上所提出的各项加工精度要求。

零件的加工精度主要包括以下几项内容。

① 尺寸精度是指零件加工后所得到的实际尺寸准确程度。它是由图样中给出的尺寸公差来控制的。图2中所标注的 $\phi75_{-0.013}^{\ 0}$mm、$\phi42_{\ 0}^{+0.62}$mm 和 (12 ± 0.012)mm 等，都表示相应尺寸的公差要求。互换性虽要求尺寸的一致性，但并不是要求零件都准确地制成一个指定的尺寸，而只是要求控制在某一合理的范围内，该范围既要保证相互结合的尺寸之间形成一定的配合关系，以满足不同的使用要求，又要在制造上是经济合理的。

② 几何形状精度是指零件加工完成后所得到的实际形状相对于理想形状的准确程度。它是由图样上给出的几何公差来控制的。图2所示圆柱度公差0.006mm，表示对图中 $\phi75_{-0.013}^{\ 0}$mm 圆柱表面形状精度的要求。

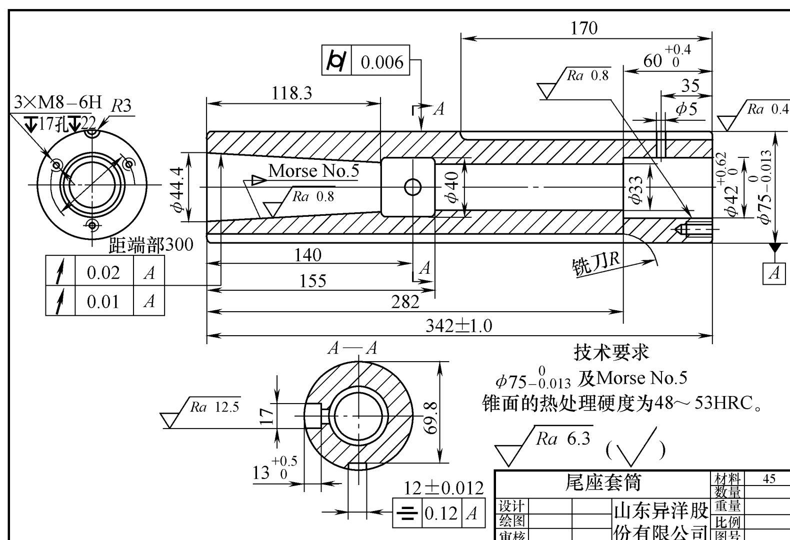


图 2　零件图

③ 相互位置精度是指零件加工完成后，所得到的各要素之间实际位置相对其理想位置的准确程度。它是由图样上给出的方向公差、位置公差和跳动公差来控制的。图 2 所示 φ44.4mm 锥孔径向圆跳动公差表示：在圆锥孔内插入检验棒检查其对 $\phi75^{\ 0}_{-0.013}$mm 圆柱面的轴线径向圆跳动误差时，在锥孔端部其误差不大于 0.01mm，在距端部外伸 300mm 处误差不大于 0.02mm。

④ 表面粗糙度是指零件微观不平整程度。它是由图样上给出的表面粗糙度符号所规定的要求来控制的。图 2 所示 $\sqrt{Ra0.4}$、$\sqrt{Ra0.8}$、$\sqrt{Ra6.3}$，分别表示对该零件外圆表面、内锥孔表面及其他未注表面的表面粗糙度要求。

2）力学性能是指零件的物理性能参数。零件的材质及热处理、表面处理状况直接影响着零件的强度、硬度和弹性等物理性能。若零件仅满足上述几何参数精度要求，虽可实现装配互换，但不能保证零件使用功能的要求。图 2 所示尾座套筒，图中规定该零件应采用优质碳素结构钢——45 钢制作，并经热处理使其



外圆及锥孔表面硬度达到 48～53HRC，以保证其强度和耐磨性，才能满足互换性零件使用性能的要求。

4. 什么是加工误差？加工误差可分为哪些类型？

答：所有零件都是经过各种不同加工方法制作而成的。由于受加工设备、工具以及工作环境和操作者技术水平等条件的限制，加工出的零件不可能与图样上给出的理想几何参数完全一致。图 3a 所示的套筒，图样上给出的零件为一尺寸与公称尺寸完全相同且具有正确几何形状的光滑圆柱体。而实际加工出的零件不可能与上述理想状态完全一致（图 3b）。零件的实际状态与理想状态之间的差别，称为加工误差。

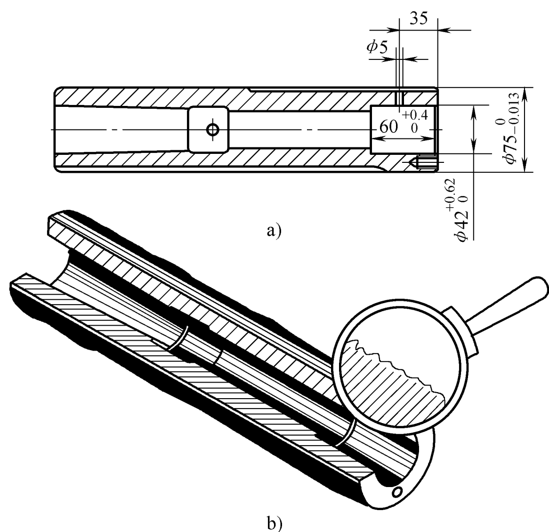


图 3　加工误差

按零件几何参数的不同，加工误差可分为以下几种类型。

（1）尺寸偏差　它是指零件的实际尺寸与图样上给定的相应公称尺寸之间的差值。

（2）几何误差　它包括形状误差、方向误差、位置误差和跳动误差。

1）形状误差是指零件的实际要素与图样上给出的理想要素之间的变动量。如图3b所示，图样上给出的零件外表面为一几何圆柱体，而实际加工出的零件偏离理想形状，其最大变动量即为该圆柱面的形状误差。

2）方向误差是指被测要素相对具有确定方向的理想要素的变动量。该理想要素的方向是由基准确定的。

3）位置误差是指零件被测实际要素之间的实际相对位置与理想位置之间的变动量。如图3b所示，要求该零件外圆柱面轴线与左端内锥孔轴线理想位置应在同一直线上，但内锥孔实际轴线偏离了理想位置，其最大偏移量就是锥孔轴线对外圆轴线的位置误差。

4）跳动误差是指被测实际要素绕基准轴线做无轴向移动的回转时，指示器在给定方向上测得的最大与最小示值之差。

（3）表面粗糙度　它是指零件表面微观不平度。如图3b右下角所示，其外圆柱表面理想状态应为绝对光滑的圆弧面，但从实际零件表面放大来看，总会不同程度地存在有加工刀纹，即称为表面粗糙度。

实际加工出的零件不可能做成完全正确的理想状态，必然会产生加工误差。从零件功能要求来看，也并不要求做成理想状态，而只需将各类误差控制在一定范围内，便可满足互换性要求。在实际生产中，就是通过图样上给定的公差来控制各类加工误差的。

5. 什么是极限与配合制？它包括哪些内容？

答：极限与配合制是为了满足零件的互换性要求，对零件的实际加工尺寸误差进行控制所给出的加工精度要求，是用标准的形式做出的统一规定。

如前所述，为了实现零件互换性要求，就必须按照一定的尺寸精度来加工。也就是说，对零件的实际加工尺寸应给出一定的允许变动范围。该变动范围是根据零件的配合性质和功能要求来确定的。但是，该尺寸精度范围也不能随意给定，因为它直接影



响着生产中所用的工装、刀具和量具等。为了适应现代专业化生产的需要，必须使尺寸精度有一个统一规定的标准，这就是极限与配合制。

极限与配合制主要包括以下内容。

（1）极限制　是经标准化的公差与偏差制度，是对零件加工后所得到的实际尺寸允许变动范围所做出的统一规定，用于协调机器零件使用要求与制造经济性之间的矛盾。

（2）配合制　同一极限制的孔和轴组成配合的一种制度，是对相互结合的零件之间配合关系的要求做出的统一规定。它反映了零件组合时相互之间的关系。

（3）检验制　是对加工完成后的零件实际尺寸的判断原则、测量与检验方法做出的统一规定。它反映了图样要求与检验之间的矛盾。

6. 建立《极限与配合》标准有何重要意义？

答：《极限与配合》是一项涉及面广、影响大的基础标准。它的应用几乎涉及国民经济各个部门，尤其对机械工业具有更重要的作用。

1）有利于产品、零部件之间的协调、统一和互换配套，便于组织专业化协作生产。按照《极限与配合》标准规定的公差带和配合种类来加工零件，可以把不同工厂、车间、工人、设备所制造出来的零件顺利地装配起来，并能保证产品精度和使用性能。

2）有利于保证产品精度、使用性能和寿命等各项技术要求。贯彻《极限与配合》标准，可根据产品的功能要求，经济合理地选择零件的尺寸公差和配合性质，以确保产品的工作性能和使用要求。

3）有利于机器的设计、制造、使用和维修。《极限与配合》标准规定了统一的公差等级和代号，建立起共同的技术语言，工作中可以直接选用，并有统一的理解和解释，便于简化设计、工艺工作，提高工作质量和效率。

4）作为各项技术标准的依据。如在键联结、滚动轴承等各项专业标准中，凡涉及公差与配合方面的要求，均以该标准作为依据。该标准的建立，也有利于刀具、量具、夹具、机床等工艺装备的标准化。

5）有利于技术交流和引进。《极限与配合》标准采用了国际上通用的国际公差制，使国际和国内各部门之间有了共同语言，给技术交流、协作生产和产品配套工作带来极大方便。

7. 什么是国际公差制？它有何特点？

答：国际公差制是由国际标准化组织（ISO）在总结世界各国《公差与配合》标准的基础上发展并建立起来的一项新体系的极限与配合制。它是目前世界各国广泛采用的一项机械基础标准。

国际标准化组织（ISO）和世界各主要工业国家，对其标准化工作给予高度重视，并作为一项最基础的技术工作来进行。1962年，国际标准化组织发布了有关《极限与配合》的第一个推荐标准。为适应现代工业的发展，在各国标准机构的要求下，国际标准化组织于1988年发布了两个新的《极限与配合》国际标准。

国际标准化组织发布的极限与配合制是一种较完整、科学的新型极限制体系，其基本结构如图4所示。它是由“极限与配合”及“测量与检验”两大部分构成。

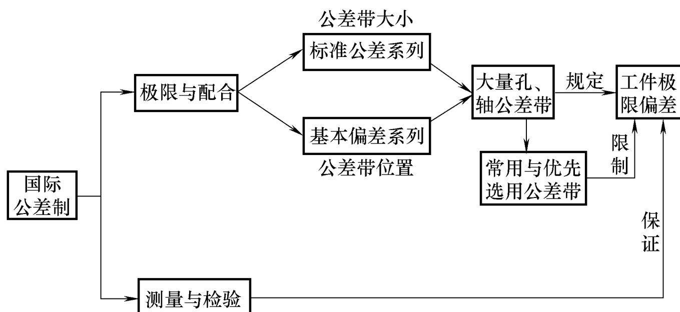


图4　国际公差制基本结构



“极限与配合”部分主要规定了工件极限尺寸的确定方法和规律。它的基本结构由“标准公差”和“基本偏差”两大系列组成。将两者结合在一起，便构成孔、轴的各种不同公差带，而配合则是由各种不同的孔、轴公差带结合在一起所构成。

国际公差制将形成配合和两大要素——公差带大小和公差带位置，按照一定规律，以公式化的方式分别进行标准化。由此可见，该公差制比较科学、严密，且便于今后发展。

国际公差制中还包括“测量与检验”部分。它是为极限与配合标准实施所规定的技术保证措施，从而使国际公差制构成一个完整的体系。

8. 我国为什么要采用国际公差制？国家标准《极限与配合》包括哪些内容？

答：为适应现代机械工业发展的需要，我国遵循积极采用国际标准的方针，于1979年废除了1959年颁布的旧国家标准《公差与配合》，而采用了国际标准化组织1962年发布的《极限与配合制》。为适应改革开放的需要，并结合该标准十多年来实施中反映的意见和问题，等效采用国际标准化组织1988年发布的新的《极限与配合》国际标准，于1997年后陆续颁布了新的《极限与配合》国家标准，又于2008年对原标准进行了整合修订。

（1）我国采用国际公差制的主要原因

1）国际公差制基本上能够满足我国现代化建设的需要。在公差等级和配合范围上，国际公差制的覆盖面较广，特别是高公差等级和配合种类有较大增加，能够满足各种机械产品的要求。

2）国际公差制比较科学，概念明确、严密，规律性较强，基本上做到公式化。因此，便于掌握，也有利于今后进一步发展。

3）目前，世界上大多数国家都采用了国际公差制，这样便于世界各国标准统一，有利于国际的技术交流和经济协作。

4）国际公差制标准具有较强的延续性，有利于生产不断

发展。

（2）国家标准《极限与配合》主要包括以下几项标准

1）GB/T 1800.1—2009《产品几何技术规范（GPS）　极限与配合　第1部分：公差、偏差和配合的基础》。

2）GB/T 1800.2—2009《产品几何技术规范（GPS）　极限与配合　第2部分：标准公差等级和孔、轴极限偏差表》。

3）GB/T 1801—2009《产品几何技术规范（GPS）　极限与配合　公差带和配合的选择》。

4）GB/T 1804—2000《一般公差　未注公差的线性和角度尺寸的公差》。

为保证上述国家标准正确的贯彻实施，同时还制订有以下测量与检验方面有关标准。

1）GB/T 3177—2009《产品几何技术规范（GPS）　光滑工件尺寸的检验》。

2）GB/T 10920—2008《螺纹量规和光滑极限量规　型式与尺寸》。

3）GB/T 1957—2006《光滑极限量规　技术条件》。

4）GB/T 18779.1—2002《产品几何量技术规范（GPS）　工件与测量设备的测量检验　第1部分：按规范检验合格或不合格的判定规则》。

5）GB/T 18779.2—2004《产品几何量技术规范（GPS）　工件与测量设备的测量检验　第2部分：测量设备校准和产品检验中GPS测量的不确定度评定指南》。

6）GB/T 19765—2005《产品几何量技术规范（GPS）　产品几何量技术规范和检验的标准参考温度》。

基 本 概 念

9. 什么是尺寸？什么是尺寸要素？

答：尺寸是以特定单位表示线性尺寸值的数值。它是由数字和长度单位两部分组成。它用以表示零件几何形状的大小，包括长度、直径、半径、宽度、高度、深度、厚度及中心距等。

根据 GB/T 4458.4—2003《机械制图　尺寸注法》中规定：图样中（包括技术要求及其他说明）的尺寸，以毫米（mm）为单位时，不需标注单位符号（或名称），如采用其他单位，则应注明相应的单位符号。因此，图样中尺寸的特定单位为毫米。

如图 2 所示尾座套筒所标注的外圆直线 $\phi75$、总长度 342 和键槽宽 12 等，都是在特定单位为毫米时的长度值，均称为尺寸。

按照我国法定计量单位规定：长度基本量的单位名称为米，符号为 m。生产中常用的长度单位名称、符号及与长度基本量的关系见表 1。

表 1　常用的长度单位名称、符号及与长度基本量的关系

单位名称	米	分米	厘米	毫米	微米
符号	m	dm	cm	mm	μm
与长度基本量的关系	1	0.1	0.01	0.001	0.000001

尺寸要素是指由一定大小的线性尺寸或角度尺寸确定的几何形状，如图 2 所示外圆直径 $\phi75_{-0.013}^{0}$ mm 确定的外圆柱面。

10. 在《极限与配合》标准中，轴与孔有何特定的含义？

答：在《极限与配合》标准中轴与孔有如下特定含义。

轴通常是指工件的圆柱形外尺寸要素，也包括由两平行平面或切面形成的非圆柱形外尺寸要素。如平键的两侧面，是由两平行平面构成的外尺寸要素，且由键宽这一单一尺寸所确定，故其也视为轴。

孔通常是指工件的圆柱形内尺寸要素，也包括由两平行平面或切面形成的非圆柱形内尺寸要素。如键槽的两侧面，是由两平行平面构成的内尺寸要素，且由键槽宽度这一单一尺寸所确定，故其也视为孔。

轴与孔的区分可从装配时的包容与被包容来判别。被包容面（如平键）属于轴；包容面（如键槽）则属于孔。从工件的加工过程来看，随着加工余量的切除，轴的尺寸由大变小，而孔的尺寸则由小变大。

11. 什么是公称尺寸？它是怎样确定的？

答： 公称尺寸是指由图样规范确定的理想形状要素的尺寸。通过它应用上、下极限偏差可计算出上、下极限尺寸，如图5所示。公称尺寸可以是一个整数或一个小数值，如32mm、15mm、8.75mm、0.5mm等。

公称尺寸的大小是根据零件的功能要求和结构形状，并考虑所选用材料的力学性能，通过设计计算或按有关技术资料数据而确定的。在确定公称尺寸时，还应按照有关标准规定的标准直径或标准长度数值进行圆整，以压缩公称尺寸的规格数，从而可以缩减标准刀具、夹具、量具的规格，以获得最大经济效益。

公称尺寸直接标注在零件的相应部位尺寸线处，如图6所示圆柱销，图样上所注的ϕ12mm、35mm尺寸，就是该零件的直径和长度的公称尺寸。根据其上、下极限偏差便可计算出其极限尺寸。

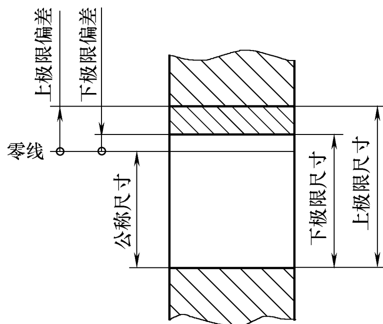


图5　公称尺寸

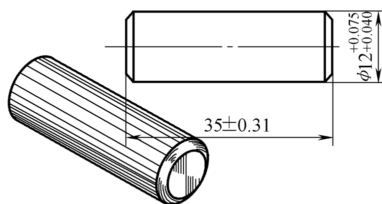


图6　公称尺寸的标注



12. 什么是实际（组成）要素？什么是提取组成要素、拟合组成要素？

答： 实际（组成）要素（原称为实际尺寸）是指由接近实际（组成）要素所限定的零件实际表面的组成要素部分。

加工完成的零件，其本身各部分结构均客观存在一定的尺寸值，即所谓零件尺寸的真值。

零件尺寸的真值虽是客观存在的，但生产中却难以得到确切认识。因为，对它的认识只能通过一定的检测手段才能得到。但在检测时，因受所用量具和量仪的精度、环境条件及操作技术水平等因素的影响，所得到的测量结果必然存在一定的误差。同时，实际零件本身也存在形状误差，在其同一表面的不同部位处，实际尺寸也不相同。

提取组成要素是指按规定方法，由实际（组成）要素提取有限数目的点所形成的实际（组成）要素的近似替代。

在生产中，通常都是采用两点法进行测量，即在一个孔或轴的任意截面中的两对应点之间测得尺寸。

一切提取组成要素上两对应点之间的距离统称为提取组成要素的局部尺寸（简称为提取要素的局部尺寸）。其中：

提取圆柱面的局部尺寸是指要素上两对应点之间的距离，其中，两对应点之间的连线通过拟合圆圆心；横截面垂直于提取表面得到的拟合圆柱面的轴线。

两平行表面的局部尺寸是指两平行提取表面上两对应点之间的距离。其中：所有对应点的连线均垂直于拟合中心平面；拟合中心平面是由两平行提取表面得到的两拟合平行平面的中心平面（两拟合平行平面之间的距离可能与公称距离不同）。

拟合组成要素是指按规定方法，由实际（组成）要素形成的具有理想形状的组成要素。

由此可见，通常所说的实际尺寸，是通过测量从量具上读出的数值，只能反映在零件某一位置处，经实测而包含允许的测量误差在内的某一数值，并不是实际零件尺寸的真值。

生产中都是以实际尺寸作为评定尺寸精度的依据。为确保零件的质量，检测时应按国家标准 GB/T 3177—2009《产品几何技术规范（GPS） 光滑工件尺寸的检验》的规定（详见119题），对不同精度的尺寸要求，必须选定适宜精度的量仪来进行测量。

13. 什么是极限尺寸？它在生产中有何重要意义？

答：极限尺寸是指尺寸要素允许的尺寸的两个极端。提取组成要素的局部尺寸应位于其中，也可以达到极限尺寸。其中：

上极限尺寸（原称为最大极限尺寸）是指尺寸要素允许的最大尺寸。

下极限尺寸（原称为最小极限尺寸）是指尺寸要素允许的最小尺寸。

极限尺寸是以公称尺寸为基数来确定的。图6所示圆柱销，其外圆直径 $\phi12^{+0.075}_{+0.040}$mm 的各尺寸分别为：

公称尺寸 ϕ12mm

上极限尺寸 ϕ12.075mm

下极限尺寸 ϕ12.040mm

在机械加工中，由于受设备、刀具和量具的精度以及工作环境和操作者技术水平等因素的影响，要把所有零件加工成同一指定的尺寸是不可能的。即使是由一名熟练工人用同一台机床、同一把刀具加工同一种零件，加工出来的所有工件的尺寸也不可能完全一样，更不可能做到件件都与公称尺寸完全相同。

从零件互换性要求来看，也没有必要使零件的所有实际尺寸与公称尺寸完全相同，而只需将零件的实际尺寸控制在一定范围内，便可满足互换性要求。

极限尺寸就是用来限制尺寸变动所给出的一定范围。它是生产中加工和检验的依据。加工好的零件实际尺寸，只要控制在上与下极限尺寸之间，就是合格的。也就是说，加工好的零件实际尺寸，不能大于上极限尺寸（可以等于上极限尺寸）；同时也不能小于下极限尺寸（可以等于下极限尺寸），否则就不合格。



以图6所示圆柱销外圆直径的极限尺寸为例，其尺寸的控制范围如图7所示。加工好的零件实际尺寸在 ϕ12.040 ~ ϕ12.075mm 之间均为合格。实际尺寸大于上极限尺寸 ϕ12.075mm，或小于下极限尺寸 ϕ12.040mm 时，均为不合格。

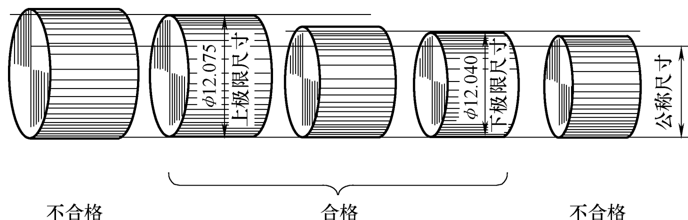


图7　极限尺寸

14. 什么是尺寸偏差？图样上极限偏差有哪几种不同标注形式？

答： 某一尺寸减其公称尺寸所得的代数差，称为尺寸偏差（简称为偏差）。某一尺寸可以是上极限尺寸、下极限尺寸或实际尺寸。

由极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差，称为极限偏差。其中上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差，称为上极限偏差（轴的上极限偏差用小写字母 es 表示，孔的上极限偏差用大写字母 ES 表示）；下极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差，称为下极限偏差（轴的下极限偏差用小写字母 ei 表示；孔的下极限偏差用大写字母 EI 表示）。

实际尺寸减其公称尺寸所得的代数差，称为实际偏差。

用公式表示为：

上极限偏差 = 上极限尺寸 − 公称尺寸

下极限偏差 = 下极限尺寸 − 公称尺寸

实际偏差 = 实际尺寸 − 公称尺寸

极限尺寸和实际尺寸可能大于、小于或等于公称尺寸，所以偏差可为正值、负值或零。

在零件图样上，通常不直接标注零件的极限尺寸，而只标注公称尺寸和上、下极限偏差。

根据零件功能要求不同，图样上标注的极限偏差，可以出现以下几种不同形式，如图 8 所示。

1）上、下极限偏差都是正值。图 8e 所示的 $\phi50^{-0.042}_{+0.017}$ mm，即表示其上与下极限尺寸都大于公称尺寸。

2）上、下极限偏差都是负值。图 8c 所示的 $\phi50^{-0.025}_{-0.050}$ mm，即表示其上与下极限尺寸均小于公称尺寸。

3）下极限偏差为零，上极限偏差必为正值。图 8d 所示的 $\phi50^{+0.025}_{0}$ mm，即表示上极限尺寸大于公称尺寸，下极限尺寸等于公称尺寸。

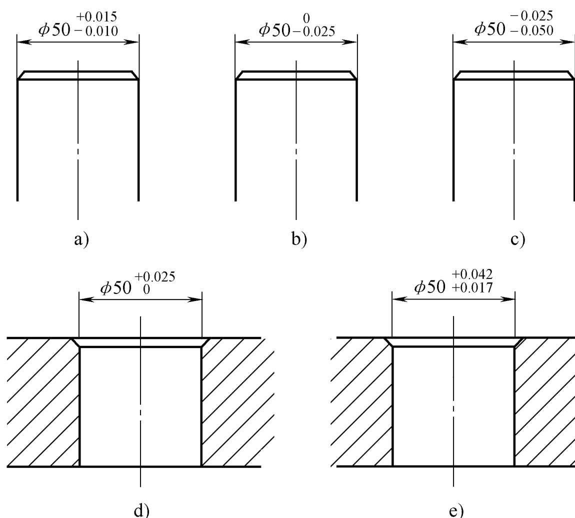


图 8　极限偏差的不同标注形式

4）上极限偏差为零值，下极限偏差必为负值。图 8b 所示的 $\phi50^{0}_{-0.025}$ mm，即表示上极限尺寸等于公称尺寸，下极限尺寸小于公称尺寸。

5）上极限偏差为正值，下极限偏差为负值。图 8a 所示的



$\phi 50^{+0.015}_{-0.010}$mm，即表示上极限尺寸大于公称尺寸，下极限尺寸小于公称尺寸。

生产中经常需要根据图样中给出的极限偏差，求出相应极限尺寸，计算公式如下。

上极限尺寸 = 公称尺寸 + 上极限偏差

下极限尺寸 = 公称尺寸 + 下极限偏差

如计算 $\phi 50^{+0.015}_{-0.010}$mm 的极限尺寸，则

上极限尺寸 = 50mm + 0.015mm = 50.015mm

下极限尺寸 = 50mm + (−0.010)mm = 49.99mm

15. 什么是尺寸公差？它与极限尺寸、极限偏差有何关系？

答：尺寸公差是尺寸允许的变动量。

加工零件时，由图样上给出的公称尺寸和上、下极限偏差值，便可确定其上、下极限尺寸，由此便确定了允许零件尺寸的变动范围。由此可知：上极限尺寸减下极限尺寸之差，或上极限偏差减下极限偏差之差，就是尺寸公差（简称为公差）。用公式表示为

公差 = 上极限尺寸 − 下极限尺寸

或　　公差 = 上极限偏差 − 下极限偏差

如有一圆柱体零件，其直径尺寸为 $\phi 20^{+0.020}_{-0.013}$mm，则

公称尺寸	20mm
上极限偏差	+0.020mm
下极限偏差	−0.013mm
上极限尺寸	20mm + 0.020mm = 20.020mm
下极限尺寸	20mm + (−0.013)mm = 19.987mm
公差	20.02mm − 19.987mm = 0.033mm
或	0.020mm − （−0.013） mm = 0.033mm

上极限尺寸总是大于下极限尺寸，或者说上极限偏差总是大于下极限偏差。

公差是一个没有符号的绝对值，且不能为零。

16. 公差与偏差在概念上有何根本区别？

答：公差与偏差是两个完全不同的概念，在生产中应严格区

分，不能混为一谈。

从概念上讲，偏差是相对于公称尺寸而言，是指相对于公称尺寸偏离大小的数值。极限偏差（即上、下极限偏差）是用以限制实际偏差的变动范围；而公差是仅表示极限尺寸变动范围大小的一个数值。

从作用上讲，极限偏差表示了公差带的确切位置，因而可反映出零件的配合性质，即松紧程度；而公差仅表示公差带的大小，即反映出零件的配合精度。

从数值上讲，偏差可以是正值、负值或零；而公差是没有符号的绝对值，且不能为零。

如某零件的直径尺寸为 $\phi45^{+0.027}_{+0.002}$mm，它表示：上极限偏差为 +0.027mm，下极限偏差为 +0.002mm，它们都是相对于公称尺寸 ϕ45mm 而言。而其公差仅是指上、下极限偏差之间的变动量，即 0.027mm − 0.002mm = 0.025mm。

又如另一零件的直径尺寸为 $\phi45^{+0.081}_{+0.070}$mm，它与上面给出的尺寸 $\phi45^{+0.027}_{+0.002}$mm 比较，公称尺寸相同，而给出的极限偏差不同。若仅从两者的偏差值来比较，前者比后者偏差值要大，但决不能由此断定前者比后者难以加工。因极限偏差仅决定加工时机床的调整（进刀位置），而加工难易程度主要取决于公差值的大小（对相同公称尺寸而言）。显然，后者公差（0.025mm）比前者公差（0.011mm）大得多，由此可见，后者比前者更容易加工。

应当指出：生产中，人们常常把加工好的零件实际尺寸偏离公称尺寸的数值（即偏差）称为公差，甚至出现零公差、负公差的说法，这显然是错误的。

17. 什么是极限与配合示意图？它表示什么意义？

答： 极限与配合示意图是表示一对相互配合的孔和轴的公称尺寸、极限尺寸、极限偏差及公差之间相互关系的简化图，如图9所示。

由于尺寸公差的数值都很小，与公称尺寸相差悬殊，若在图样上将公称尺寸与公差值采用同一比例绘制时，公差带就很难表



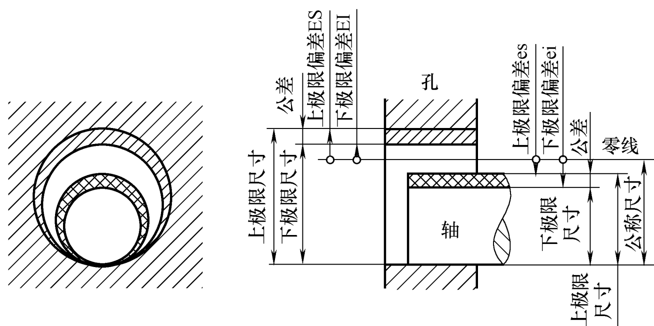


图 9　极限与配合示意图

示出来。为了能够清楚地表示出公差带，通常是将公差值单独进行放大，而公称尺寸不放大，从而可以在图形上很直观地显示出上述各尺寸、极限偏差与公差之间的关系，由此便产生了极限与配合示意图。

在极限与配合示意图中，表示公称尺寸的一条直线，称为零线。在图中均以其为基准确定极限偏差和公差。

以零线为基准，按一定放大比例，分别绘出孔与轴的公差带，便构成极限与配合示意图。图 9 中左侧标注的各项尺寸均指孔，右侧标注的各项尺寸均指轴。

通过极限与配合示意图，可以十分清楚而形象地表示出零件各个尺寸之间的关系，便于对尺寸公差与配合关系进行分析。所以，在生产和产品结构分析过程中经常使用。

18. 什么是公差带？公差带是由哪两个基本要素组成的？

答：在公差带图中，由代表上、下极限偏差或上、下极限尺寸的两条直线所限定的一个区域，称为公差带。它表示出零件的实际尺寸相对其公称尺寸所允许变动的范围。

公差带图实际上是极限与配合示意图的简化表示方法。该图上不画出整个零件，只用一条直线表示零件公称尺寸零线，并以此作为上、下极限偏差的起点。然后采用适当的比例，用平行于零线的

线段，画出零件的上、下极限偏差位置，如图10所示。若极限偏差为正值时，则画在零线上方；极限偏差为负值时，则画在零线下方；极限偏差为零时，则位于零线上。图中上、下两平行线间的距离，即为公差带的大小，由此构成公差带图。图中公差带的大小只与公差带的高度有关，而与公差带画的线段长短无关。

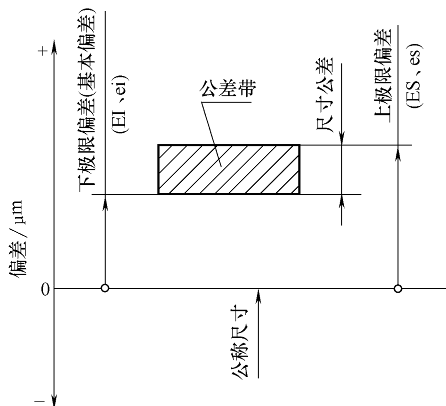


图10　公差带图

例　公别绘出 $\phi50\pm0.008$mm、$\phi50^{+0.016}_{0}$mm 和 $\phi50^{-0.029}_{-0.045}$mm 的公差带图。

首先，绘出一水平直线作为零线，如图11所示。然后，以零线为基准，采用适当比例（如500:1），确定各自上、下极限偏差位置：

尺寸 $\phi50\pm0.008$mm 的上极限偏差为 $+0.008$mm，位于零线之上；下极限偏差为 -0.008mm，位于零线之下（图11a）。

尺寸 $\phi50^{+0.016}_{0}$mm 的上极限偏差为 $+0.016$mm，位于零线之上；下极限偏差为0，位于零线上（图11b）。

尺寸 $\phi50^{-0.029}_{-0.045}$mm 的上、下极限偏差均为负值，都位于零线之下（图11c）。

上、下极限偏差之间的区域内，用剖面线画出（如以45°斜



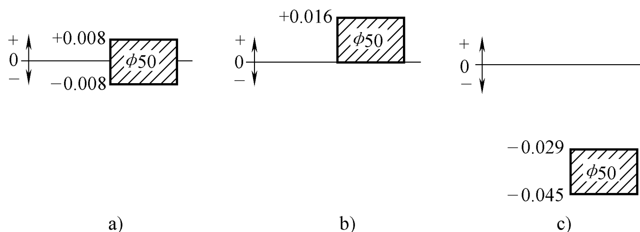


图 11　公差带图的画法

线表示孔的公差带，网格线表示轴的公差带），由此便绘出各自相应的公差带。

由上述可知，公差带是由以下两个要素所组成的。

1）公差带的位置是指公差带相对于零线的位置。标准中规定：以基本偏差作为确定公差带位置的统一参数（详见 37 题）。

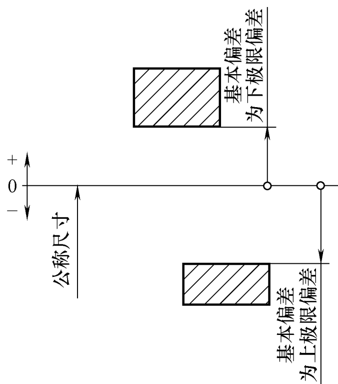


图 12　公差带的位置

所谓基本偏差，是指确定公差带相对零线位置的那个极限偏差。它可以是上极限偏差或下极限偏差，一般为靠近零线的那个极限偏差。也就是说，当公差带位于零线上侧时，基本偏差为下极限偏差；当公差带位于零线下侧时，基本偏差为上极限偏差，如图 12 所示。确定公差带位置的基本偏差数值大小，是根据零件的功能要求并按照标准中规定的基本偏差值来确定的。

2）公差带的大小是指公差带的高度值，也就是尺寸允许变动范围的数值，即公差值。公差带的大小是根据零件精度要求，并按照标准中规定的标准公差值来确定的（详见 28 题）。

19. 什么是配合？它在生产中有何实用意义？

答：公称尺寸相同并且相互结合的孔和轴公差带之间的关系，称为配合。

配合是反映组成机器的各零件之间结合性质的重要技术特性。所谓配合性质，是指相配零件之间配合的松紧状态。它是满足互换性要求，保证机器工作时，各零件结合部位之间保持协调工作的必要条件。如图13所示的轴承装置，是由轴承座1、衬套2和轴3相互装配在一起所构成的传递支承。其中衬套2装在轴承座1的孔内，要求能够牢固地结合成一个整体，不得产生松动现象；而轴则装入衬套孔中，它们之间工作时要相对转动，因此两者之间必须保持一定的间隙。又如滚动轴承的内孔与其相结合的轴颈之间，一方面要求两者具有较稳固的结合，同时又要求在装配时，保持较高的装配精度。

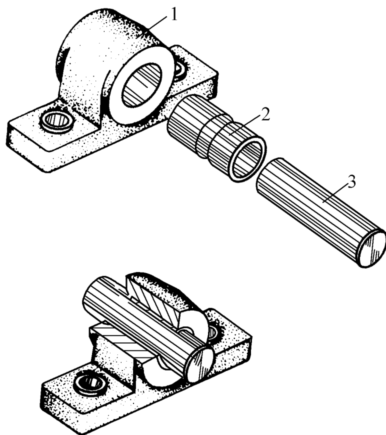


图13　配合性质
1—轴承座　2—衬套　3—轴

由于上述不同零件的作用和工作状况不同，故相结合的两零件装配后的松紧程度要求也不一样，故在各零件的图样上，其相配位置处应分别给出不同位置的公差带，以获得适宜的配合性质。

20. 什么是间隙？什么是过盈？

答：相配合的轴与孔，用孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸之差为正值时，称为间隙。

如图14所示，相互配合的轴与孔，其孔的实际尺寸为$\phi 45.02$mm，轴的实际尺寸为$\phi 44.97$mm。用孔的实际尺寸减轴的实际尺寸，得



$$45.02\text{mm}-44.97\text{mm}=0.05\text{mm}$$

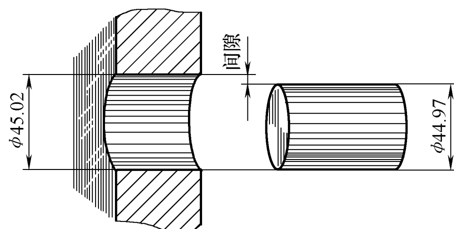


图 14　间隙

该差值为正值，故两零件间配合具有 0.05mm 的间隙。由此可见，当孔的尺寸大于轴的尺寸时，两者配合则存在间隙。

相配合的孔与轴，用孔的尺寸减去相配合轴的尺寸之差为负值时，称为过盈。

如图 15 所示，相互配合的孔与轴两个零件，孔的实际尺寸为 ϕ45.02mm，轴的实际尺寸为 ϕ45.07mm。用该孔的实际尺寸减轴的实际尺寸，得

$$45.02\text{mm}-45.07\text{mm}=-0.05\text{mm}$$

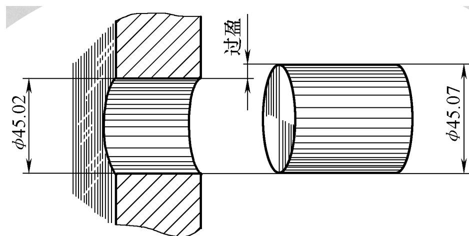


图 15　过盈

该差值为负值，说明两零件间的配合具有 0.05mm 的过盈量。由此可见，当孔的尺寸小于轴的尺寸时，两者配合则存在过盈。

21. 什么是间隙配合？怎样计算间隙配合的最大间隙与最小间隙？

答： 具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合，称为间隙

配合。相互配合的孔与轴，在给定的公差带范围内，从中任取一对孔和轴相配，它们之间总是具有间隙（包括最小间隙为零的极限状况），如图 16 所示。

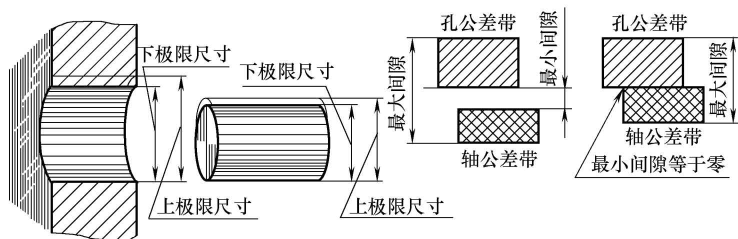


图 16　间隙配合

间隙配合中，孔的公差带完全位于轴的公差带之上（图 16 右方）。

在间隙配合中，孔的上极限尺寸减轴的下极限尺寸之差，即为最大间隙，如图 17 所示。用公式表示为

$$最大间隙 = 孔_{上} - 轴_{下}$$

或　　　最大间隙 = 孔的上极限偏差 − 轴的下极限偏差

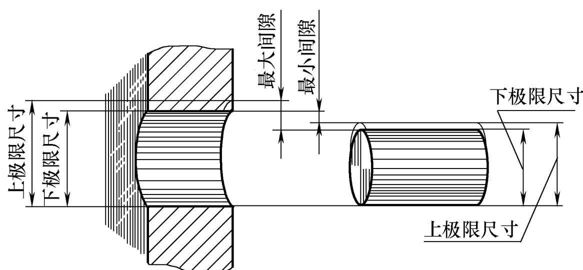


图 17　间隙配合的最大与最小间隙

在间隙配合中，孔的下极限尺寸减轴的上极限尺寸之差，即为最小间隙（图 17）。用公式表示为

$$最小间隙 = 孔_{下} - 轴_{上}$$

或　　　最小间隙 = 孔的下极限偏差 − 轴的上极限偏差



例 计算间隙配合 $\phi50H8/f7$ 的最大间隙与最小间隙。

首先由标准中查得孔 $\phi50H8$ 和轴 $\phi50f7$ 的极限偏差分别为 $\phi50^{+0.039}_{0}$mm 和 $\phi50^{-0.025}_{-0.050}$mm（详见后述），其公差带图如图 18 所示。由此可得

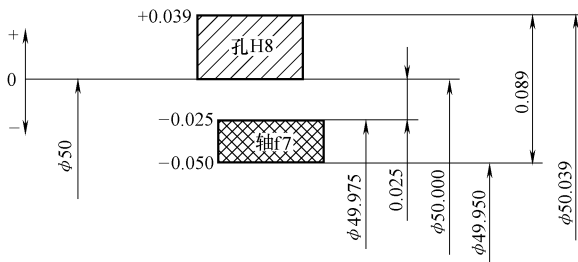


图 18　$\phi50H8/f7$ 间隙配合公差带图

孔和轴的公称尺寸	$\phi50$mm
孔的上极限尺寸	$\phi50.039$mm
孔的下极限尺寸	$\phi50.000$mm
轴的上极限尺寸	$\phi49.975$mm
轴的下极限尺寸	$\phi49.950$mm

最大间隙 = 50.039mm − 49.950mm

或　　= 0.039mm − (−0.050) mm = 0.089mm

最小间隙 = 50.000mm − 49.975mm

或　　= 0mm − (−0.025) mm = 0.025mm

在间隙配合中，相配合的孔和轴的实际尺寸之差，称为实际间隙，用公式表示为

实际间隙 = 孔的实际尺寸 − 轴的实际尺寸

22. 什么是过盈配合？怎样计算过盈配合的最大过盈与最小过盈？

答： 具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合，称为过盈配合。相互配合的孔与轴，在给定的公差带范围内，从中任取一对孔和轴相配，它们之间总是具有过盈（包括最小过盈为零的极限状况），如图 19 所示。

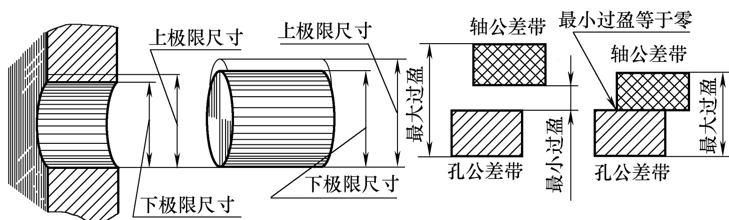


图19　过盈配合

在过盈配合中，孔的公差带完全位于轴的公差带之下（图19右方）。

在过盈配合中，孔的下极限尺寸减轴的上极限尺寸之差，即为最大过盈，如图20所示，用公式表示为

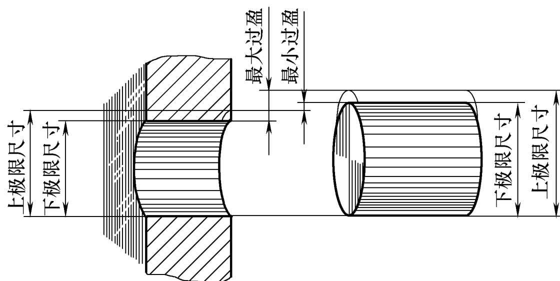


图20　过盈配合的最大与最小过盈

$$最大过盈 = 孔_{下} - 轴_{上}$$

或　　最大过盈 = 孔的下极限偏差 − 轴的上极限偏差

在过盈配合中，孔的上极限尺寸减轴的下极限尺寸之差，即为最小过盈（图20），用公式表示为

$$最小过盈 = 孔_{上} - 轴_{下}$$

或　　最小过盈 = 孔的上极限偏差 − 轴的下极限偏差

例　计算过盈配合 $\phi50\mathrm{H7/s6}$ 的最大过盈与最小过盈。

首先由标准中查得孔 $\phi50\mathrm{H7}$ 和轴 $\phi50\mathrm{s6}$ 的极限偏差分别为 $\phi50^{+0.025}_{0}$ mm 和 $\phi50^{+0.059}_{+0.043}$ mm（详见后述），其公差带图如图21



所示。由此可得

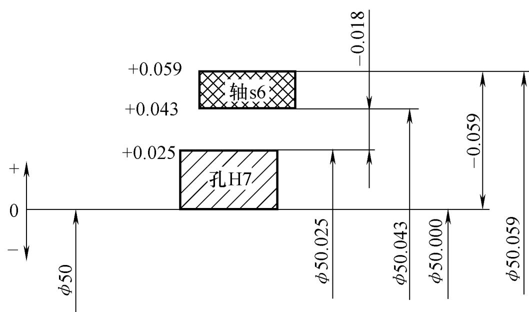


图 21　φ50H7/s6 过盈配合公差带图

孔和轴的公称尺寸	φ50mm
孔的上极限尺寸	φ50.025mm
孔的下极限尺寸	φ50.000mm
轴的上极限尺寸	φ50.059mm
轴的下极限尺寸	φ50.043mm

$$最大过盈=50.000mm-50.059mm$$

或
$$=0mm-0.059mm=-0.059mm$$

$$最小过盈=50.025mm-50.043mm$$

或
$$=0.025mm-0.043mm=-0.018mm$$

由上例可知，过盈以负值表示，其绝对值越大，过盈量就越大。

在过盈配合中，孔的实际尺寸减轴的实际尺寸的差值，称为实际过盈，用公式表示

实际过盈＝孔的实际尺寸－轴的实际尺寸

23. 什么是过渡配合？怎样计算过渡配合的最大间隙与最大过盈？

答：可能具有间隙或过盈的配合，称为过渡配合。相互配合的孔与轴，在给定的公差带范围内，从中任取一对孔和轴相配，它们之间可能具有间隙，也可能具有过盈，如图 22 所示。

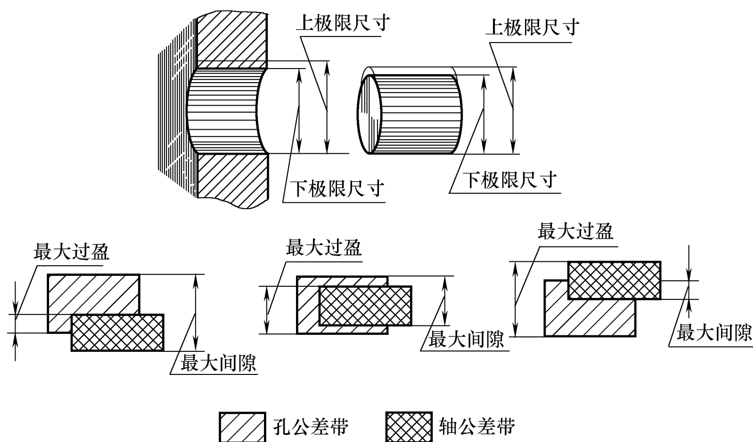


图 22　过渡配合

在过渡配合中，孔与轴的公差带相互交叠着，其相互交叠的位置会出现三种不同形式（图 22 下方）。

过渡配合，既存在有间隙，又存在有过盈。因此，在孔与轴的公差带范围内，可存在有最大间隙和最大过盈，如图 23 所示。用公式表示为

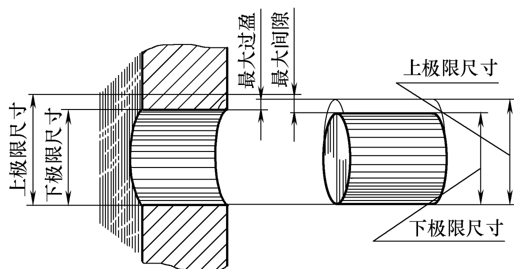


图 23　过渡配合的最大间隙与最大过盈

$$\text{过渡配合最大间隙} = \text{孔}_{\text{上}} - \text{轴}_{\text{下}}$$

$$\text{过渡配合最大过盈} = \text{孔}_{\text{下}} = \text{轴}_{\text{上}}$$

例　计算过渡配合 ϕ50H7/k6 的最大间隙与最大过盈。

首先由标准中查得孔 ϕ50H7 和轴 ϕ50k6 的极限偏差分别为



$\phi 50^{+0.025}_{0}$ mm 和 $\phi 50^{+0.018}_{+0.002}$ mm（详见后述），其公差带图如图 24 所示。由此可得

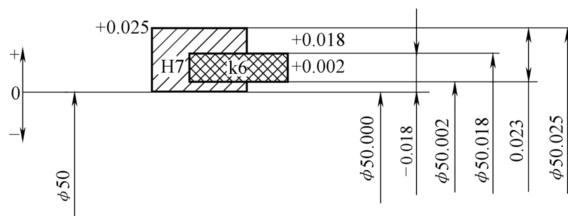


图 24　ϕ50H7/k6 过渡配合公差带图

孔和轴的公称尺寸	ϕ50mm
孔的上极限尺寸	ϕ50.025mm
孔的下极限尺寸	ϕ50.000mm
轴的上极限尺寸	ϕ50.018mm
轴的下极限尺寸	ϕ50.002mm

最大间隙 = 50.025mm − 50.002mm

或　　= 0.025mm − 0.002mm = 0.023mm

最大过盈 = 50.000mm − 50.018mm

或　　= 0mm − 0.018mm = −0.018mm

在过渡配合中，孔和轴的实际配合状态是间隙还是过盈，则应根据其实际尺寸大小来确定。当孔的实际尺寸大于轴的实际尺寸时，其差值为正值，则为间隙配合状态，该差值即为实际间隙；当孔的实际尺寸小于轴的实际尺寸时，其差值为负值，则为过盈配合状态，该差值即为实际过盈。

24. 什么是配合公差？怎样计算配合公差？

答：组成配合的孔、轴公差之和，即允许其间隙或过盈的变动量，称为配合公差。配合公差是一个没有符号的绝对值。

生产中为了保持机器性能的稳定，必须要控制相配合零件之间的间隙或过盈量大小的变动范围。该数值是通过孔与轴所给定的公差带来保证的。由于孔和轴的实际尺寸可以在给定的公差带范围内变动，因此该配合的实际间隙或过盈也随之发生变化。为满足机器

零件配合性能要求，必须对其配合间隙或过盈的变动量进行控制。

各类不同性质的配合，可分别按下列方法求得其配合公差。

（1）间隙配合　其配合公差等于最大间隙与最小间隙之差。用公式表示为

间隙配合的配合公差 = 最大间隙 − 最小间隙

例　计算图18所示 ϕ50H8/f7 间隙配合的配合公差。已知最大间隙为0.089mm，最小间隙为0.025mm，故其配合公差为

$$0.089\text{mm} - 0.025\text{mm} = 0.064\text{mm}$$

（2）过盈配合　其配合公差等于最小过盈减最大过盈之差。用公式表示为

过盈配合的配合公差 = 最小过盈 − 最大过盈

例　计算图21所示 ϕ50H7/s6 过盈配合的配合公差。已知其最小过盈为 −0.018mm，最大过盈为 −0.059mm，故该过盈配合的配合公差为

$$-0.018\text{mm} - (-0.059)\text{mm} = 0.041\text{mm}$$

（3）过渡配合　其配合公差等于最大间隙减最大过盈之差。用公式表示为

过渡配合的配合公差 = 最大间隙 − 最大过盈

例　计算图24所示的 ϕ50H7/k6 过渡配合的配合公差。已知其最大间隙为0.023mm，最大过盈为 −0.018mm，故该过渡配合的配合公差为

$$0.023\text{mm} - (-0.018)\text{mm} = 0.041\text{mm}$$

由上述示例可知：不论哪种性质的配合，其配合公差均等于组成配合的孔公差与轴公差之和。

如上述图18所示 ϕ50H8/f7 间隙配合的配合公差，可按下式计算，即

孔公差 + 轴公差 = 0.039mm + 0.025mm = 0.064mm

25. 什么是配合公差带图？

答：如前述的尺寸公差带一样，用直角坐标表示组成配合的孔与轴的间隙或过盈的配合公差变动范围示意图，称为配合公差



带图，如图25所示。

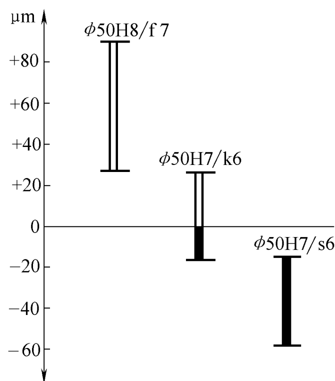


图25　配合公差带图

图中以水平线作为零配合线，纵坐标按一定比例取作配合公差值，零线上方为正值，表示间隙配合；零线下方为负值，表示过盈配合。绘制时，取其配合公差的两极限值在坐标上画出两短水平线，中间用两垂直方向平行线相连，过盈配合则用粗实线相连。

如绘出图18所示的ϕ50H8/f7间隙配合的配合公差带。已知该配合的最大间隙为0.089mm，最小间隙为0.025mm。从图25所示坐标上找出其坐标位置（图25左侧），并用两条垂直方向平行线相连，即绘出该间隙配合的配合公差带。

又如绘出图21所示的ϕ50H7/s6过盈配合的配合公差带。已知该配合最大过盈为−0.059mm，最小过盈为−0.018mm。从图25所示坐标上找出其坐标位置（如图25右侧所示，均在零线之下），中间用一垂直方向粗实线相连，即绘出该过盈配合的配合公差带图。

再如绘出图24所示ϕ50H7/k6过渡配合的配合公差带。已知该配合的最大间隙为0.023mm，最大过盈为−0.018mm。从图25所示坐标上找出其坐标位置（图25中间），其最大间隙坐标在零线上方，最大过盈坐标则在零线下方。然后将零线上方用两条垂直方向的平行线相连，表示间隙配合变动范围；零线下方用垂直方向的粗实线相连，表示过盈配合变动范围。

从配合公差带图上可以清晰、直观地看出配合关系变动状况，所以在生产中可用来方便地选取或分析所需的配合。

26. 什么是配合制？标准中规定基准制配合对生产有何重要意义？

答： 按照标准规定的公差与极限偏差所确定的孔和轴组成配

合的制度，称为配合制。

为了适应不同用途的零件，在装配时得到合适的松紧程度要求，就需要从标准中选择不同的孔与轴的公差带相配，以得到所需要的配合性质。

从生产实践可知，相配合的两零件，只要将其中一种零件的公差带相对另一相配零件的公差带加以改变，就可得到不同性质的配合，如图26所示。原为一间隙配合的零件（图26a），若将轴的公差带移至孔公差带上方，便改变其配合性质，成为过盈配合（图26b）。同样，若使轴的公差带不变，而将孔的公差带移到轴的公差带下方（图26c），同样也可获得与图26b相同作用的过盈配合。

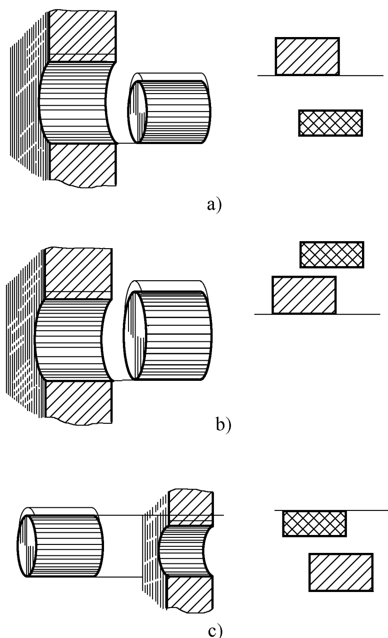


图26　配合性质的改变

保持组成配合的两零件中的一种零件（轴或孔）的基本偏差不变，而只改变另一种零件的基本偏差（即公差带的位置），以获得不同的配合性质，称为基准制。

我们知道，零件尺寸公差的改变，将直接影响着加工用的工装、刀具和量具等的规格。若为了获得不同性质的配合，而随意选取不同的孔、轴公差带，势必给生产带来不必要的麻烦，对零件互换性也造成不利影响。因此，在标准极限与配合制中，规定了基孔制和基轴制两种配合制度。按照这一标准规定选择孔、轴



公差带，便可大大简化加工工艺，获得较大的技术经济效果，更好地满足互换性要求。

27. 什么是基孔制配合？什么是基轴制配合？

答：基本偏差为一定的孔的公差带，与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度，称为基孔制配合。

基孔制配合中的孔称为基准孔。标准中规定：基准孔的下极限尺寸与公称尺寸相等，即基准孔的下极限偏差为零，如图 27a 所示。

图 27b 所示为一基准孔分别与不同零件组成不同配合关系。图 27b 最左端所示为公差带不变的基准孔，图 27b 右端所示为与其相配的衬套，其外圆与基准孔相配合要求牢固不得松动时，应选取衬套外圆的公差带与基准孔的公差带呈过盈配合；而图 27b 所示第三个零件为一滚动轴承，其外圆与基准孔相配合时，不仅要求具有一定的配合紧度，而且要保持良好的配合精度，故滚动轴承外圆则应选取与基准孔呈过渡配合状态的公差带；而图 27b 所示第二个零件为一光轴，其直接装入基准孔内，且两者之间应能灵活地相对转动，故该轴则应选取与基准孔成间隙配合的公差带位置。

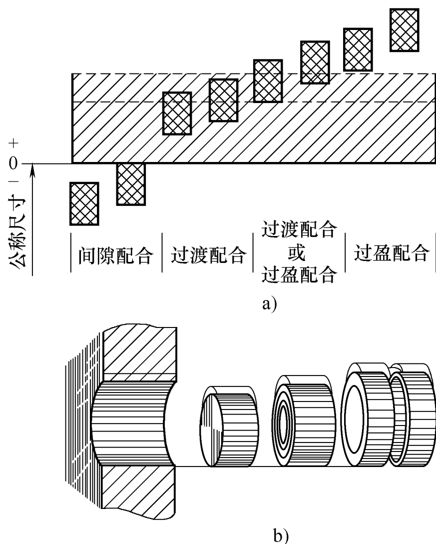


图 27　基孔制配合

基本偏差为一定的轴的公差带，与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度，称为基轴制配合。

基轴制配合中的轴称为基准轴。标准中规定：基准轴的上极限

尺寸与公称尺寸相等，即基准轴的上极限偏差为零，如图 28a 所示。

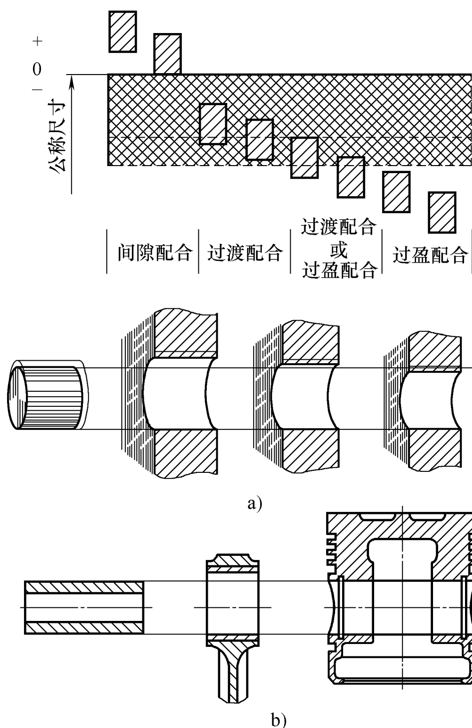


图 28　基轴制配合

图 28b 所示为基轴制配合应用示例，为活塞连杆机构中活塞销与活塞销座孔及连杆衬套孔间的配合。图 28b 最左侧所示活塞销为基准轴，其与图 28b 所示的第二个零件——连杆衬套孔相配合，工作时要求两者之间做相对摆动，故应选择间隙配合；而图 28b 所示第三个零件为活塞销座孔，两者相配合在工作时要承受很大的冲击力作用，且无相对运动要求，故其配合紧密，但又保持较高配合精度，故选用过渡配合。

上述两种配合同时与同一活塞销组合，故选用基轴制配合。此时，活塞销作为基准轴，而连杆衬套孔和活塞销座孔则应选取不同的基本偏差，而获得相应的公差带，以取得适宜的配合性质。

标 准 公 差

28. 什么是标准公差？标准公差等级代号是什么？

答：在国家标准极限与配合制中所规定的任一公差，称为标准公差。它是确定公差带大小的数值。

如前所述，为保证零件的功能要求和互换性需要，对零件上的配合尺寸均应给出适宜的公差要求，以确定其尺寸加工允许的变动范围。

从零件性能要求来看，要求尺寸的变动范围越小越好，以提高其配合精度。但从加工要求来看，却希望尺寸允许变动范围尽量大些，以提高其加工经济性。因此，在进行产品设计时，必须根据零件的功能需要，选择适当范围的公差值，作为零件加工和检验的依据。

标准中所规定的标准公差，是由公称尺寸、标准公差因子和公差等级等因素所确定的。在设计中应根据各种零件的不同需求，并按照标准中规定的标准公差来确定所需公差。

标准公差是用字母“IT”（国际公差）表示。根据零件加工精确程度要求不同，标准中规定有多种标准公差等级。标准公差等级代号用符号 IT 和数字组成，如 IT7 表示公差等级为 7 级精度的标准公差。当其与代表基本偏差的字母一起组成公差带时，省略 IT 字母，如 h7。同一公差等级（如 IT7）对所有公称尺寸的一组公差要求，被认为具有同等精确程度。

标准中规定：在公称尺寸至 500mm 内规定了 IT01、IT0、IT1、…、IT18 共 20 个标准公差等级；在公称尺寸大于 500 ~ 3150mm 内规定了 IT1 ~ IT8 共 18 个标准公差等级。公差等级从 IT01 ~ IT18 其精度要求依次降低。

29. 什么是标准公差因子？标准公差因子是怎样确定的？

答：在极限与配合制中，用以确定标准公差的基本单位，称

为标准公差因子。

如上所述，各种不同用途的零件，是根据其不同功能要求分别给出不同精度的公差。从生产实践可知，零件加工的尺寸精度要求，不能仅从给出的公差值大小来评定，还应结合零件的公称尺寸大小来分析。对于公称尺寸相近的零件，可以直接由其公差值大小来评定其精度要求的高低（即零件加工的难易程度）。如两个零件的尺寸分别为 $\phi30^{+0.013}_{0}$mm 和 $\phi30^{+0.020}_{-0.018}$mm，两者公称尺寸相同，而前者给出的公差为 0.013mm，后者为 0.038mm。显然，前者加工精度要求高于后者。

对公称尺寸不同的零件，则不能单纯依据公差值大小来评定其加工精度的高低。如两个零件的尺寸分别为 $\phi30^{+0.013}_{0}$mm 和 $\phi280^{+0.023}_{0}$mm，单从其公差值上比较，前者（0.013mm）小于后者（0.023mm），但不能依此来判断前者精度要求高于后者，因为两零件的公称尺寸不同。

为了能够更确切地体现出零件加工的精确程度，标准中规定：标准公差因子是公称尺寸的函数。也就是说，同一精度等级的标准公差因子是随公称尺寸不同而规定了不同数值。

标准公差因子是以生产实践为基础，通过专门的试验和大量的统计数据分析，找出零件的加工和测量误差随公称尺寸变化的规律，由此来确定标准公差因子。它是用来确定各种不同等级公差值大小所依据的基数。

公差与配合制规定标准公差因子按不同尺寸范围，分别由下列公式确定。

1）公称尺寸至500mm，标准公差因子由下式求得，即

$$i = 0.45\sqrt[3]{D} + 0.001D$$

式中　i——标准公差因子（μm）；

D——公称尺寸段的几何平均值（mm）。

式中第一项主要反映加工误差的影响，第二项反映由于温度所引起的测量误差的影响。



2）公称尺寸大于500～3150mm时，标准公差因子由下式求得，即

$$I=0.004D+2.1$$

式中 I——标准公差因子（μm）；

D——公称尺寸段的几何平均值（mm）。

上式表明：对大尺寸零件来讲，测量误差已成为评定零件尺寸精度的主要矛盾，特别是温度变化对其影响更大。由于温度变化所引起的测量误差与尺寸大小之间基本是线性关系，上述计算公式基本体现了该变化规律。

30. 为什么标准中要规定公称尺寸分段？标准中公称尺寸是怎样分段的？

答：由前述可知，在计算标准公差因子时，都是由公称尺寸来确定的。同样，在确定尺寸公差的许多参数中（如基本偏差等），也都与公称尺寸有关。

在生产中，零件的公称尺寸是各不相同的，若将每一种公称尺寸所对应的标准公差数值，一一对应地分别求出，所列出的公差表格就显得非常繁琐，使用也极不方便。从上述标准公差因子与公称尺寸之间的关系来看，相近数值的公称尺寸所求得的标准公差因子数值也极为相近，而且生产中也没有必要区分得过细。为了减少公差的数目，可统一公差值，以便于简化公差表格；方便生产中应用，标准中按一定规律将公称尺寸划分成若干范围段落，称为尺寸分段。

标准中公称尺寸分段所采用的方法是：对公称尺寸小于等于180mm的，采用不均匀递增系列；对公称尺寸大于180mm的，则采用优先数系R10与R20系列。具体分段方法见表2。

表中公称尺寸分段分为主段落和中间段落两部分。其中中间段落仅用于计算尺寸至500mm的轴的基本偏差a～c及r～zc或孔的基本偏差A～C及R～ZC和计算尺寸大于500～3150mm的轴的基本偏差r～u及孔的基本偏差R～U。

表 2　公称尺寸分段　　　（单位：mm）

主段落		中间段落	
大于	至	大于	至
—	3	无细分段	
3	6		
6	10		
10	18	10 14	14 18
18	30	18 24	24 30
30	50	30 40	40 50
50	80	50 65	65 80
80	120	80 100	100 120
120	180	120 140 160	140 160 180
180	250	180 200 225	200 225 250

主段落		中间段落	
大于	至	大于	至
250	315	250 280	280 315
315	400	315 355	355 400
400	500	400 450	450 500
500	630	500 560	560 630
630	800	630 710	710 800
800	1000	800 900	900 1000
1000	1250	1000 1120	1120 1250
1250	1600	1250 1400	1400 1600
1600	2000	1600 1800	1800 2000
2000	2500	2000 2240	2240 2500
2500	3150	2500 2800	2800 3150

在计算各公称尺寸段的标准公差和基本偏差时，式中的 D 用每一尺寸段中首尾两个尺寸（D_1 和 D_2）的几何平均值，即

$$D = \sqrt{D_1 D_2}$$

例　计算大于 30 ~ 50mm 公称尺寸段的标准公差因子。

首先确定大于 30 ~ 50mm 公称尺寸分段计算值

$$D = \sqrt{30 \times 50}\text{mm} \approx 38.7\text{mm}$$

然后代入题 29 所给出的标准公差因子计算公式中，便可求得该尺寸分段的标准公差因子

$$i = 0.45\sqrt[3]{D} + 0.001D$$

$= (0.45\sqrt[3]{38.7}+0.001\times38.7)\mu m \approx 1.56\mu m$

对于小于或等于3mm尺寸段的公称尺寸分段值，则用1mm和3mm的几何平均值$D=\sqrt{1\times3}mm=1.732mm$来计算标准公差和基本偏差。

31. 什么是标准公差等级？怎样确定公称尺寸至500mm的各级标准公差？

答： 由极限与配合制中规定的，用以确定尺寸精确程度的分级，称为标准公差等级。它表示零件制造所要求的精确程度。标准中规定的同一标准公差等级的公差，对各公称尺寸分段所给定的数值各不相同，但应认为它们具有同等的精确程度。

标准中规定：公称尺寸至500mm的标准公差分别按下列计算公式计算。

1）IT01、IT0和IT1的标准公差按表3给出的计算公式计算。

表3　IT01、IT0和IT1的标准公差计算公式

（单位：μm）

标准公差等级	计算公式	标准公差等级	计算公式
IT01	$0.3+0.008D$	IT1	$0.08+0.020D$
IT0	$0.5+0.012D$		

注：式中D为公称尺寸段的几何平均值，单位为mm。

IT01～IT1为高精度等级，在工业生产中很少用到。该精度段标准公差的确定，主要是考虑测量误差的影响，因此采用与公称尺寸计算值（D）呈线性关系式计算。

2）IT5～IT18的标准公差按表4给出的计算公式计算。

表4　IT5～IT18的标准公差计算公式（单位：μm）

标准公差等级	计算公式	标准公差等级	计算公式
IT5	$7i$	IT7	$16i$
IT6	$10i$	IT8	$25i$

（续）

标准公差等级	计算公式	标准公差等级	计算公式
IT9	$40i$	IT14	$400i$
IT10	$64i$	IT15	$640i$
IT11	$100i$	IT16	$1000i$
IT12	$160i$	IT17	$1600i$
IT13	$250i$	IT18	$2500i$

注：公式中 i 为标准公差因子。

等级 IT5 ~ IT18 的标准公差数值均为标准公差因子的函数，用标准公差因子与等级系数的乘积求得。等级系数是按公比为1.6（即 R5 优先数系）计算。从 IT6 起，其规律为每增加 5 个等级，标准公差增至 10 倍。按此规律可用于延伸 IT18 的等级。如延伸 IT19，其标准公差为 IT14 的 10 倍，即为 $4000i$。

3）IT2 ~ IT4 的标准公差数值，在 IT1 和 IT5 的数值之间，大致按几何级数递增，其公比为 $(IT5/IT1)^{\frac{1}{4}}$。计算公式见表 5。

表 5　IT2 ~ IT4 的标准公差计算公式（单位：μm）

标准公差等级	计算公式	标准公差等级	计算公式
IT2	$(IT1)(IT5/IT1)^{1/4}$	IT4	$(IT1)(IT5/IT1)^{3/4}$
IT3	$(IT1)(IT5/IT1)^{1/2}$		

例　计算公称尺寸段 >30 ~ 50mm 的各级标准公差。

首先确定该公称尺寸段的计算值为

$$D = \sqrt{30 \times 50}\text{mm} = 38.7\text{mm}$$

计算其标准公差因子为

$$\begin{aligned} i &= 0.45\sqrt[3]{D} + 0.001D \\ &= (0.45\sqrt[3]{38.7} + 0.001 \times 37.7)\mu\text{m} \\ &= 1.56\mu\text{m} \end{aligned}$$

按表 3 所列计算公式计算得

IT01　$0.3 + 0.008D = (0.3 + 0.008 \times 38.7)\mu\text{m} = 0.6\mu\text{m}$



$$\text{IT0}\quad 0.5+0.012D=(0.5+0.012\times38.7)\mu m=1.0\mu m$$

$$\text{IT1}\quad 0.8+0.020D=(0.8+0.020\times38.7)\mu m=1.5\mu m$$

按表4所列计算公式，标准公差因子为1.56μm，计算各级标准公差得

$$\text{IT5}\quad 7i=7\times1.56\mu m=11\mu m$$

$$\text{IT6}\quad 10i=10\times1.56\mu m=16\mu m$$

$$\vdots$$

$$\text{IT18}\quad 2500i=2500\times1.56\mu m=3900\mu m$$

由上计算得IT5级的标准公差为11μm，IT1级的标准公差为1.5μm，求得IT1与IT5之间相邻级间公比为

$$(\text{IT5}/\text{IT1})^{1/4}=(11/1.5)^{1/4}=1.65$$

按表5所列计算公式计算得

$$\text{IT2}\quad \text{IT1}\times1.67=1.5\mu m\times1.65=2.5\mu m$$

$$\text{IT3}\quad \text{IT2}\times1.67=2.5\mu m\times1.65=4\mu m$$

$$\text{IT4}\quad \text{IT3}\times1.67=4\mu m\times1.65=7\mu m$$

32. 怎样确定公称尺寸大于500～3150mm的标准公差？

答：公称尺寸大于500～3150mm的IT1～IT18的标准公差，均为标准公差因子I的函数，由表6所列计算公式求得。

表6中各级标准公差变化规律与表4所述尺寸至500mm的标准公差基本相同。

表6　尺寸大于500～3150mm的标准公差计算公式

（单位：μm）

标准公差等级	计算公式	标准公差等级	计算公式	标准公差等级	计算公式
IT1	$2I$	IT7	$16I$	IT13	$250I$
IT2	$2.7I$	IT8	$25I$	IT14	$400I$
IT3	$3.7I$	IT9	$40I$	IT15	$640I$
IT4	$5I$	IT10	$64I$	IT16	$1000I$
IT5	$7I$	IT11	$100I$	IT17	$1600I$
IT6	$10I$	IT12	$160I$	IT18	$2500I$

注：表中I为标准公差因子。

应当指出：表6中所列标准公差因子 I 应按公称尺寸大于500～3150mm的因子计算公式计算（题29）。

例　计算公称尺寸大于800～1000mm的各级标准公差。

首先确定该公称尺寸分段计算值为

$$D = \sqrt{800 \times 1000}\text{mm} = 894.4\text{mm}$$

计算其标准公差因子为

$$I = 0.004D + 2.1 = (0.004 \times 894.4 + 2.1)\mu\text{m} = 5.68\mu\text{m}$$

各级标准公差分别按表6所列计算公式计算得

IT1　$2I = 2 \times 5.68\mu\text{m} = 11.36\mu\text{m}$

IT2　$2.7I = 2.7 \times 5.68\mu\text{m} = 15.336\mu\text{m}$

IT3　$3.7I = 3.7 \times 5.68\mu\text{m} = 21.016\mu\text{m}$

⋮

IT17　$1600I = 1600 \times 5.68\mu\text{m} = 9088\mu\text{m}$

IT18　$2500I = 2500 \times 5.68\mu\text{m} = 14200\mu\text{m}$

33. 什么是标准公差数值的修约？标准中怎样规定修约规则？

答：从32题举例计算所得标准公差值可以看出，往往计算所得值带有繁杂的小数或有效数位数过多，给实际应用带来很多不便。根据实际计算所得数值，按照标准统一规定，将数值进行简化，称为数值的修约。

标准中规定：等级至IT11的计算结果按表7的规则修约。由于等级大于IT11的标准公差数值是由IT7～IT11的标准公差数值延伸来的，故不需再修约。

以题32示例计算结果为例，其修约方法如下（按表7中大于500～3150mm一栏修约值）。

IT1　计算值11.36μm，修约后11μm

IT2　计算值15.336μm，修约后15μm

IT3　计算值21.016μm，修约后21μm

⋮

IT17　计算值9088μm，修约后9000μ（9mm）

IT18　计算值14200μm，修约后14000μm（14mm）



上例中 IT17 和 IT18 可由 IT12 和 IT13 延伸求得，故不需采用计算法算出再进行修约。

表 7　等级至 IT11 的标准公差数值修约

计算结果		公称尺寸	
		至 500mm	大于 500 ~ 3150mm
自	至	修约成倍数	
0	60	1	1
60	100	1	2
100	200	5	5
200	500	10	10
500	1000		20
1000	2000		50
2000	5000		100
5000	10000		200
10000	20000		500
20000	50000		1000

注：在国家标准公差数值表中（表 8），为了使数值分布更好，有的没有采用这一规则。

34. 怎样正确使用标准公差数值表？

答：如上所述，各个公称尺寸分段的所有公差等级的标准公差数值，均可按标准中规定的计算公式求得。为了便于生产中应用，标准中均将所有数值计算好，并按规定进行修约，列出标准公差数值表（GB/T 1800. 1—2009），见表 8。

在实际工作中，我们可以根据零件的公称尺寸和给定的公差等级，便可从标准公差数值表中直接查得所对应的标准公差数值，而不必再进行繁琐的计算。

表中左侧一栏为公称尺寸，按尺寸分段依次列出，最大至 3150mm。应当指出：在确定两分段间分界尺寸时，应按两尺寸段上栏确定。如公称尺寸 50mm，查其标准公差时，应按 30 ~ 50 一栏，而不是 50 ~ 80 一栏。



表 8　标准公差数值

公称尺寸/mm		标准公差等级																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	μm											mm						
—	3	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6	1	1.4
3	6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
10	18	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
18	30	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
30	50	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6
80	120	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
120	180	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3
180	250	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1

（续）

公称尺寸/mm		标准公差等级																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	μm											mm						
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3	9.7
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7	11
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0.8	1.25	2	3.2	5	8	12.5
800	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9	14
1000	1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
1250	1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5	7.8	12.5	19.5
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6	9.2	15	23
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.8	4.4	7	11	17.5	28
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21	33

注：1. 公称尺寸大于500mm 的 IT1 ~ IT5 的标准公差数值为试行的。
2. 公称尺寸小于或等于 1mm 时，无 IT14 ~ IT18。



表中右侧依次给出了 IT1 ~ IT18 各等级的标准公差数值。注意：表中 IT1 ~ IT11 范围内，均以 μm 为单位给出；IT12 ~ IT18 范围内则是以 mm 为单位给出。

标准公差等级 IT01 和 IT0 在生产中很少用到，表 8 中没有给出两公差等级的标准公差数值。为满足使用者需要，在标准附录中给出了这些数值，见表 9。

表 9　IT01 和 IT0 的标准公差数值

公称尺寸/mm		IT01	IT0
大于	至	公差/μm	
—	3	0.3	0.5
3	6	0.4	0.6
6	10	0.4	0.6
10	18	0.5	0.8
18	30	0.6	1
30	50	0.6	1
50	80	0.8	1.2
80	120	1	1.5
120	180	1.2	2
180	250	2	3
250	315	2.5	4
315	400	3	5
400	500	4	6

标准公差数值表应用示例：由表中查出 ϕ45H7 的标准公差数值。

ϕ45H7 表示：公称尺寸为 45mm，标准公差为 IT7 级（46 题）。该尺寸位于大于 30 ~ 50mm 的范围内。由表 8 中先查得该尺寸段的位置，再从公差等级一栏中找出 IT7 的位置，两者对应交点方格内的数值是 25μm，即为其相应的标准公差。

又如查出 ϕ1000h13 的标准公差。



公称尺寸1000mm应属于尺寸分段800～1000mm范围，其相对应标准公差等级IT13一栏方格内数值为1.4mm（注意该标准等级栏内尺寸单位为mm），即为该尺寸的标准公差。

标准中规定：在同一尺寸分段内的同一公差等级，其标准公差数值完全相同，与基本偏差无关。如尺寸ϕ30H7、ϕ25h7与ϕ20s7等，它们的公称尺寸均在大于18～30mm尺寸段范围内，公差等级均为IT7级，因此它们的标准公差完全相同，均为0.021mm。

35. 标准中公称尺寸大于3150～10000mm的标准公差是怎样规定的？

答：如前所述，国家标准极限与配合中仅规定了公称尺寸小于或等于3150mm的标准公差计算公式，并提供了相应的数值表。而有些机械工业生产领域往往会遇到一些更大尺寸的结构要求。由于大尺寸的特性，对其尺寸偏差控制要求也不一样。为满足生产需要，标准中提供了公称尺寸大于3150～10000mm的标准公差数值，见表10。表中仅提供IT6～IT18共13个公差等级，可供参考使用。

表10 公称尺寸大于3150～10000mm标准公差数值

公称尺寸/mm		标准公差等级												
		IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	μm						mm						
3150	4000	165	260	410	660	1050	1650	2.60	4.10	6.6	10.5	16.5	26.0	41.0
4000	5000	200	320	500	800	1300	2000	3.20	5.00	8.0	13.0	20.0	32.0	50.0
5000	6300	250	400	620	980	1550	2500	4.00	6.20	9.8	15.5	25.0	40.0	62.0
6300	8000	310	490	760	1200	1950	3100	4.90	7.60	12.0	19.5	31.0	49.0	76.0
8000	10000	380	600	940	1500	2400	3800	6.00	9.40	15.0	24.0	38.0	60.0	94.0

36. 标准中规定的公差等级规律性对生产有何重要意义？

答：公差与配合制是一项涉及面广、影响大，且与生产极为密切的重要基础标准。因此，要求其必须具有较高的适应性，以

满足各部门的不同需要。

标准中所规定的标准公差，具有较严格的规律性，不仅对标准范围内的规定，建立起科学的分级体系，而且还可根据实际需要扩大其使用范围。也就是说，当标准中所规定的范围不能满足生产中特殊需要时，仍可遵循标准化原则，按标准中规定的标准公差的规律性进行延伸或扩大使用范围，以满足在较大范围内的各种特殊需要。

如生产中需要给出比标准中规定的最低公差等级 IT18 还要低的级别时，可以按照标准中规定的标准公差等级系数变化规律，即每增加 5 个等级，标准公差值增加至 10 倍，向外延伸级别范围。例如，将公差等级延伸至 IT19 级，则可由该等级向前退回 5 级，查得 IT14 级的标准公差为 $400i$，则 IT19 的标准公差应为

$$400i \times 10 = 4000i$$

若在生产中所需的公差值，要求在标准中规定的两级标准公差之间时，则可按等级系数变化规律，插入中间等级的公差。按 $R10$ 系列优先数系（其公比为 $\sqrt[10]{10} \approx 1.25$）计算得出中间等级的公差。如在 IT6 与 IT7 之间，可插入中间等级 IT6.5 级。因 IT6 标准公差为 $10i$，则 IT6.5 级的标准公差应为 $10i \times 1.25 = 12.5i$。

由此可见，国际公差制具有较好的规律性，其不仅使标准中各级精度的标准公差具有严密的科学体系，而且能适应生产中更大范围的不同用途的需要。

基 本 偏 差

37. 什么是基本偏差？基本偏差代号是怎样规定的？

答：在极限与配合制中，确定公差带相对零线位置的那个极限偏差，称为基本偏差。它可以是上极限偏差或下极限偏差，一般为靠近零线的那个偏差。当公差带位于零线上方时，其基本偏差为下极限偏差（图 29a）；当公带带位于零线下方时，其基本偏差为上极限偏差（图 29b）。

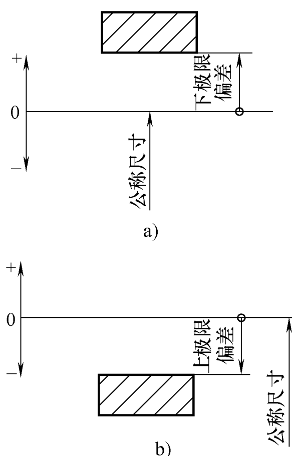


图 29　基本偏差

基本偏差是公差带位置标准化的唯一参数，原则上它与公差等级无关。

如前所述，为满足机器零件不同配合性质的要求，就需要将其分别给出不同的公差带，也就是使相配合的轴与孔间的公差带处于不同位置。为了便于生产，应使零件的公差带尽量统一，以

保持工装、刀具、量具等最大限度地通用。为此，根据生产实际需要，标准中规定了基本偏差系列，分别给出轴与孔的公差带位置各28个。

基本偏差代号是表示不同公差带位置的符号，用拉丁字母表示，并以大写字母表示孔的基本偏差，小写字母表示轴的基本偏差。

孔的基本偏差系列为：A、B、C、CD、D、E、EF、F、FG、G、H、J、JS、K、M、N、P、R、S、T、U、V、X、Y、Z、ZA、ZB和ZC，共28种。

轴的基本偏差系列为：a、b、c、cd、d、e、ef、f、fg、g、h、j、js、k、m、n、p、r、s、t、u、v、x、y、z、za、zb和zc，共28种。

上述基本偏差代号均是以原26个拉丁字母及其顺序为基础，取消了容易混淆的I、L、O、Q和W 5个字母，并又补充了CD、EF、FG、JS、ZA、ZB和ZC 7个双音字母代号。轴的基本偏差代号则是由与其相对应相同的小写字母构成的。

38. 轴的基本偏差系列是怎样分布的？其怎样构成轴的公差带？

答：轴的基本偏差系列如图30所示，从图中可以看出：轴的基本偏差从a～h这一范围均为上极限偏差，且基本偏差的绝对值按从a～h逐渐减小（即从下向上逐渐靠近零线），其中h的基本偏差为零，即为基轴制配合中的基准轴。从k～zc范围内的基本偏差为下极限偏差，且基本偏差的绝对值按从k～zc逐渐增大（即从下向上逐渐远离零线）。

轴的上极限偏差用小写字母“es”表示；轴的下极限偏差用小写字母“ei”表示。

轴的基本偏差js是标准公差（IT）对称分布于零线两侧，即

$$es = +\frac{IT}{2} \quad ei = -\frac{IT}{2}$$



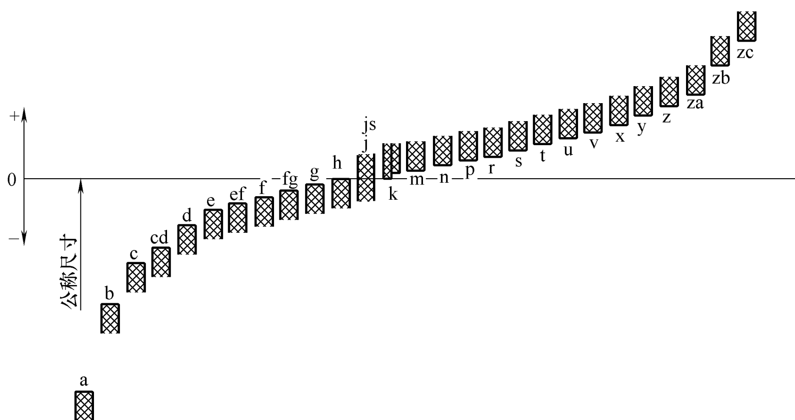


图 30　轴的基本偏差系列

轴的基本偏差 j 大部分是标准公差（IT）不对称分布于零线的两侧。

js 和 j 严格地说是没有基本偏差。

从轴的基本偏差系列图中可以看出，除 j 和 js 外，其余均采取一端不封口的公差带图表示，也就是说仅给出轴的公差带的一个极限偏差位置（即基本偏差），而另一端未加限制。它表示轴的基本偏差仅确定轴的公差带的位置，而轴的公差带的大小范围，则应由给出的标准公差确定。

由轴的基本偏差和标准公差 IT 构成轴的公差带，应根据基本偏差相对零线位置而定，如图 31 所示。

基本偏差 a ~ g 位于零线之下，该范围内的基本偏差为公差带的上极限偏差（es），其下极限偏差 ei = es − IT（图 31a）。

基本偏差 h 为 0，位于零线上，为公差带的上极限偏差，其下极限偏差 ei = 0 − IT = − IT（图 31b）。

js 和 j 的公差带是由标准公差 IT 来确定。js 是标准公差对称分布于零线两侧；j 的公差带大部分是不对称分布于零线的两侧（图 31c）。

基本偏差k位于零线上，该基本偏差为下极限偏差，但根据其公差等级和公称尺寸不同，分为两种情况：一种情况是公差等级IT4～IT7，公称尺寸>3～500mm范围内，基本偏差在零线之上，为公差带的下极限偏差（ei），其上极限偏差es=ei+IT（图31d右侧）；另一种情况是公称尺寸小于500mm的所有其他等级，其基本偏差为0，故其下极限偏差（ei）为零，上极限偏差es=IT（图31d左侧）。

基本偏差m～zc位于零线之上，该范围内的基本偏差为其公差带的下极限偏差（ei），其上极限偏差es=ei+IT（图31e）。

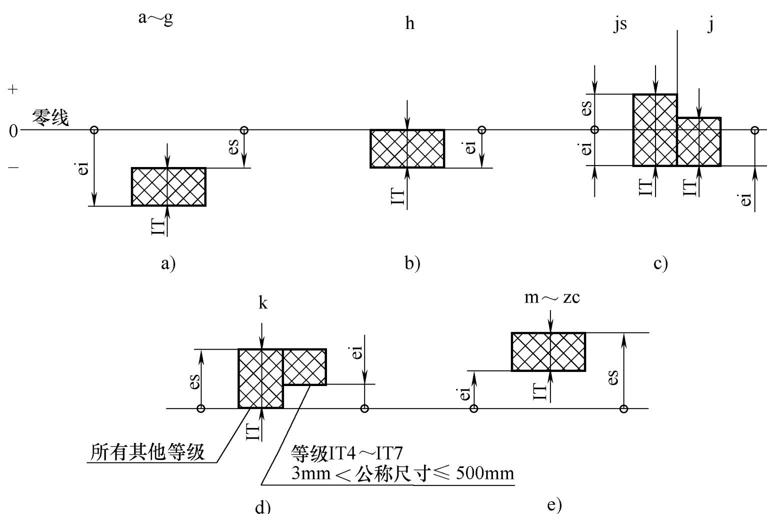


图31　轴的公差带

39. 公称尺寸小于或等于500mm轴的基本偏差是怎样确定的？

答：基本偏差是根据生产中配合性能的需要确定的。标准中规定的公称尺寸小于或等于500mm轴的基本偏差按表11所列的计算公式求得。



表 11　公称尺寸小于或等于 500mm 轴的基本偏差计算公式

基本偏差	极限偏差	公称尺寸/mm		计算公式
		大于	至	
a	es	1	120	$-(265+1.3D)$
	es	120	500	$-3.5D$
b	es	1	160	$-(140+0.85D)$
	es	160	500	$-1.8D$
c	es	0	40	$-52D^{0.2}$
	es	40	500	$-(95+0.8D)$
cd	es	0	10	$-\sqrt{c\times d}$
d	es	0	500	$-16D^{0.44}$
e	es	0	500	$-11D^{0.41}$
ef	es	0	10	$-\sqrt{e\times f}$
f	es	0	500	$-5.5D^{0.41}$
fg	es	0	10	$-\sqrt{f\times g}$
g	es	0	500	$-2.5D^{0.25}$
h	es	0	500	偏差 =0
j		0	500	无公式
js	es ei	0	500	$\pm 0.15\mathrm{IT}_n$
k	ei	0	500	$0.6\sqrt[3]{D}$
m	ei	0	500	IT7 − IT6
n	ei	0	500	$5D^{0.34}$
p	ei	0	500	IT7 +（0 ~5）
r	ei	0	500	$\sqrt{p\times s}$
s	ei	0	50	IT8 +（1 ~4）
		50	500	IT7 +0.4D
t	ei	24	500	IT7 +0.63D

（续）

基本偏差	极限偏差	公称尺寸/mm		计算公式
		大于	至	
u	ei	0	500	IT7 + D
v	ei	14	500	IT7 + 1.25D
x	ei	0	500	IT7 + 1.6D
y	ei	18	500	IT7 + 2D
z	ei	0	500	IT7 + 2.5D
za	ei	0	500	IT8 + 3.15D
zb	ei	0	500	IT9 + 4D
zc	ei	0	500	IT10 + 5D

注：1. 公式中 D 是公称尺寸段的几何平均值，单位为 mm，基本偏差的计算结果以 μm 为单位。
2. 基本偏差 k 的计算公式仅适用于标准公差等级 IT4 ~ IT7，其他等级的基本偏差 k = 0。

表中计算公式是根据以下原则确定的。

基本偏差 a ~ h 的公差带均在零线之下，用于间隙配合，基本偏差的绝对值正好等于与基准孔 H 相配时的最小间隙，因此该范围内的基本偏差，应按间隙配合的要求建立公式。其中 a、b、c 用于大间隙配合或热动配合，故应考虑受热膨胀的影响，基本偏差采用与直径成正比关系。基本偏差 d、e、f 用于转动配合，为保证建立起良好的液体摩擦状态，故按液体摩擦理论计算，间隙应与$\sqrt{D}$成正比。又考虑到表面粗糙度的影响，间隙适当地减小，故使 D 的指数小于 0.5。基本偏差 g 用于滑动和定心配合，要求间隙更小，故 D 的指数减小。基本偏差 cd、ef 和 fg 用于公称尺寸小于 10mm 轴的转动配合，其绝对值分别按 c 与 d、e 与 f、f 与 g 的绝对值的几何平均值来确定。

基本偏差 h 为基准轴的上极限偏差，它与基准孔 H 构成最小间隙为零的配合。

基本偏差 j ~ n 的公差带在零线之上，且靠近零线，用于



过渡配合。其中 j 仅保留 j5 ~ j8，除 j8 按 IT8 等分外，其余均取经验数据。基本偏差 k ~ n 主要用于过渡配合，为了便于拆卸，其过盈量不能过大。基本偏差 k 只规定了 k4 ~ k7 的基本偏差计算公式 $ei = 0.6\sqrt[3]{D}$，该数值均很小，只有 1 ~ 5μm，其余等级均取为下极限偏差 ei = 0。基本偏差 n 则是按与 H6 组合为过盈配合，而与 H7 组合呈现过渡配合考虑的，故基本偏差 n 的数值应大于 IT6 且小于 IT7，因此取下极限偏差 $ei = 5D^{0.34}$。

基本偏差 p ~ zc 是按过盈配合来规定的，并以最小过盈来考虑，故大多数是以 H7 为基础求得，其中 p 与 H7 配合时，最小过盈只有 0 ~ 5μm。基本偏差 r 的数值是按 p 与 s 的几何平均值来确定。基本偏差 s ~ zc 均用于过盈配合，它们的基本偏差计算公式是由两项组成。若去掉 IT 一项，第二项即为配合的最小过盈。它是按材料力学计算，保证传递所需转矩的最小过盈与直径成正比关系而建立的，其最小过盈系数采用优先数系，具有较好的规律性，便于选用。

40. 孔的基本偏差系列是怎样分布的？是怎样构成孔的公差带？

答：孔的基本偏差系列如图 32 所示。

从图中可以看出，孔的基本偏差分布与轴的基本偏差（图 30）成倒影关系，即孔的基本偏差从 A ~ H 为下极限偏差（在零线之上），且其绝对值按从 A ~ H 的顺序逐渐减小（即从上向下逐渐靠近零线），其中 H 的基本偏差为零，为基孔制配合中的基准孔。

从 K ~ ZC 范围内的基本偏差为上极限偏差，且基本偏差的绝对值按从 K ~ ZC 的顺序逐渐增大（即从上向下逐渐远离零线）。

孔的上极限偏差用大写字母“ES”表示；孔的下极限偏差用大写字母“EI”表示。

基本偏差 JS 为标准公差（IT）对称分布于零线两侧，即

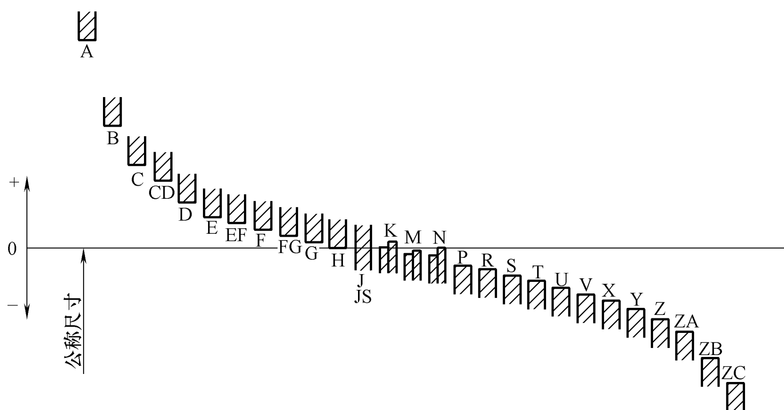


图32　孔的基本偏差系列

$$ES=+\frac{IT}{2}\qquad EI=-\frac{IT}{2}$$

孔的基本偏差J大部分是标准公差（IT）不对称分布于零线的两侧。

JS和J严格地说是没有基本偏差。

从孔的基本偏差系列图可以看出，除JS和J外均采取一端不封口的公差带图表示，也就是说仅给出孔的一个极限偏差位置（即基本偏差），而另一端未加限制。它表示孔的基本偏差仅确定孔的公差带的位置，而孔的公差带的大小范围，则应由给出的标准公差确定。

由孔的基本偏差和标准公差IT构成孔的公差带，应根据基本偏差相对零线位置而定，如图33所示。

基本偏差A～G位于零线之上，该范围内的基本偏差为公差带的下极限偏差（EI），其上极限偏差ES＝EI＋IT（图33a）。

基本偏差H为0，位于零线上，为公差带的下极限偏差，其上极限偏差应为ES＝0＋IT＝IT（图33b）。



JS 和 J 的公差带是由标准公差 IT 来确定。JS 是由标准公差 IT 对称分布于零线两侧，其上极限偏差 ES = +IT/2，下极限偏差 EI = -IT/2；J 的公差带大部分不对称分布于零线两侧（图 33c）。

基本偏差 K 按公差等级不同分为：公差等级小于或等于 8 级时，基本偏差 K 位于零线之上；公差等级大于 8 级时，基本偏差 K 位于零线上。上述两种情况的基本偏差均为公差带上极限偏差，其下极限偏差应为 EI = ES - IT（图 33d）。

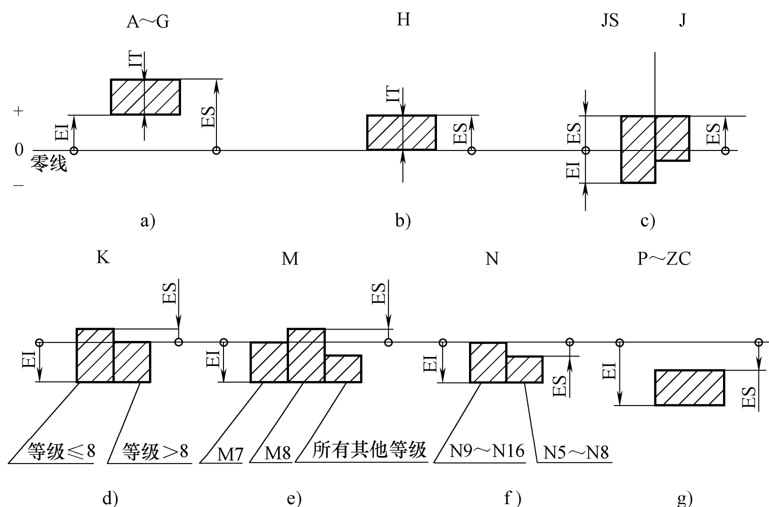


图 33　孔的公差带

基本偏差 M 则按公差等级不同分为：公差等级为 7 级时，其基本偏差为零；公差等级为 8 级时，其基本偏差在零线之上；除 7、8 级外其他等级的基本偏差则在零线之下。但上述三种情况下的基本偏差均为公差带的上极限偏差，其下极限偏差应为 EI = ES - IT（图 33e）。

基本偏差 N 按公差等级不同分为：公差等级为 9 ~ 16 级时，其基本偏差为 0；公差等级为 5 ~ 8 级时，其基本偏差位于零线

之下。上述两种情况下的基本偏差均为公差带的上极限偏差，其下极限偏差应为 EI = ES − IT（图 33f）。

基本偏差 P ~ ZC 均位于零线之下，该范围内的基本偏差均为上极限偏差；其下极限偏差为 EI = ES − IT（图 33g）。

41. 公称尺寸小于或等于 500mm 孔的基本偏差是怎样确定的?

答：公称尺寸小于或等于 500mm 孔的基本偏差是由轴的基本偏差换算得来的。

换算的前提是：由基本偏差代号同名的孔和轴，分别构成基轴制配合与基孔制配合（如 F6/h5 与 H6/f5），其产生的配合性质必须相同，即配合的极限间隙或过盈必须相同。在实际生产中，考虑孔比轴的加工难度大，故在要求较高精度的公差等级时，孔一般是与高一级精度要求的轴配合；而公差等级较低时，则孔与轴采用同级配合。

根据上述要求，孔的基本偏差应按以下两种规则进行换算。

（1）通用规则　一般对同一字母的孔的基本偏差与轴的基本偏差，其相对于零线是完全对称的。孔的轴的基本偏差对应（如 A 与 a）时，两者的基本偏差绝对值相等，符号相反，即

$$EI = -es \qquad 或 \qquad ES = -ei$$

通用规则适用于以下情况。

基本偏差 A ~ H；在此范围内孔的基本偏差（EI）和相对应轴的基本偏差（es）的绝对值都等于最小间隙，所以不论孔、轴是否采用同级配合，均遵循通用规则。

如图 34 所示，图中左侧为 ϕ25H7/f6 基孔制间隙配合，右侧为 ϕ25F7/h6 基轴制间隙配合。两种配合是孔比轴低一个公差等级（轴为 IT6，孔为 IT7），且基孔制中轴的基本偏差 f 与基轴制中孔的基本偏差 F 相对应。

由图 34 中可以看出：当轴与孔的基本偏差代号相对应时，其最小间隙分别取决于 es 和 EI。而最大间隙又分别是由最小间



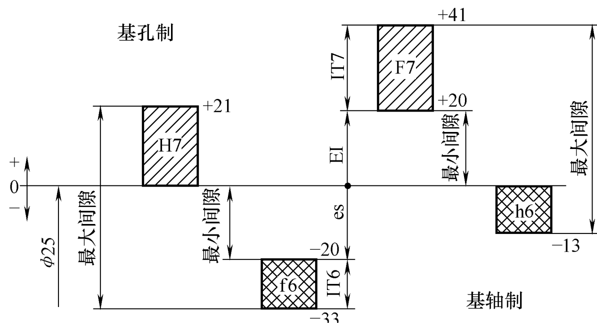


图 34　不同级配合时的通用规则

隙与两个相同的标准公差之和（IT6 + IT7）来确定，故其完全可以保证两者配合性质不变。

基本偏差 K ~ ZC：因为在标准公差大于 IT8 时，所选用基本偏差 K、M、N，以及标准公差大于 IT7 的基本偏差 P ~ ZC 范围内，在应用时一般采用孔、轴同级配合。因此，在上述范围内，孔的基本偏差也按通用规则（即 ES = －ei）来确定。

如图 35 所示，图中左侧为 ϕ30H8/p8 基孔制过渡配合，右侧为 ϕ30P8/h8 基轴制过渡配合。这两种配合中，孔与轴均用同级公差（IT8），且基孔制中轴的基本偏差代号 p 与基轴制中孔的基本偏差代号 P 相对应。

由图 35 可以看出：由于两者公差等级完全相同，其最大过盈则分别取决于 ei 和 ES，故按通用规则来确定孔的基本偏差 ES = －ei，完全可以保持其配合性质不变。

但在尺寸大于 3 ~ 500mm 时，标准公差等级大于 IT8 的孔的基本偏差 N，其数值等于零，故不适用于上述通用规则。

（2）特殊规则　在公称尺寸大于 3 ~ 500mm 的基孔制或基轴制配合中，给定某一公差等级的孔要与更高一级的轴相配（如 H7/p6 和 P7/h6），并要求具有同等的间隙或过盈。此时，

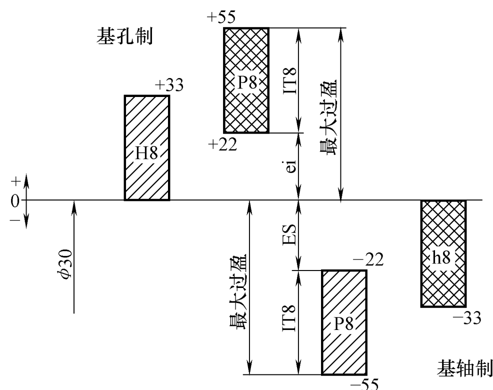


图 35　同级配合时的通用规则

计算孔的极限偏差应附加一个 Δ 值，即

$$ES = ES(计算值) + \Delta$$

式中，Δ 是公称尺寸段内给定的某一标准公差等级 IT_n 与更精一级的标准公差等级 IT_{n-1} 的差值。例如，公称尺寸段 18 ~ 30mm 的 p7：

$$\Delta = IT_n - IT_{n-1} = IT7 - IT6$$
$$= 21\mu m - 13\mu m = 8\mu m$$

如图 36 所示，图中左侧为 ϕ25H7/p6 基孔制过盈配合，其

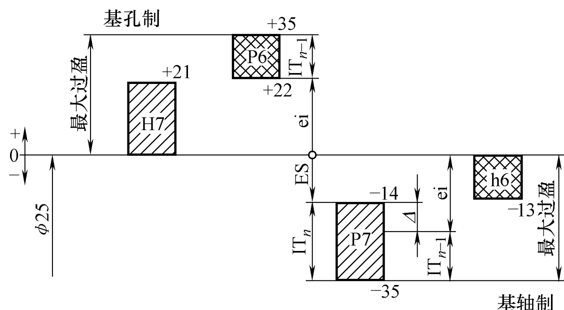


图 36　特殊规则



右侧为 $\phi25P7/h6$ 基轴制过盈配合。两种配合均取轴的公差等级（IT6）比孔的公差等级（IT7）高一级，且基孔制中轴的基本偏差代号 p 与基轴制中孔的基本偏差代号 P 相对应。在此情况下，若孔的基本偏差 P7 仍按通用规则确定，则 $ES=-ei$，此时基轴制配合中最大过盈为 $ES-IT_n$，而采用基孔制配合其最大过盈为 $-(ei+IT_{n-1})$。两者相比较，恰恰增大一个级差 $\Delta=IT_n-IT_{n-1}$。由此可见，它不符合配合性质保持不变的原则。

若要保持上述两种配合性质不变，则孔的基本偏差 ES 不能按通用规则直接取与轴的基本偏差 ei 相同的绝对值，而应减小一个级差 Δ，即

$$ES=-(ei-\Delta)$$

这样确定的基本偏差，才能保持两种配合性质不变。

上述特殊规则，仅适用于公称尺寸大于 3mm，标准公差等级小于或等于 IT8 孔的基本偏差 K、M、N 和标准公差等级小于或等于 IT7 孔的基本偏差 P ~ ZC。

42. 公称尺寸大于 500 ~ 3150mm 轴与孔的基本偏差是怎样确定的？

答： 公称尺寸大于 500 ~ 3150mm 轴与孔的配合，由于大尺寸孔的测量精度比轴更容易保证，故生产中该尺寸范围内多采用同级孔与轴的配合。因此，标准中规定在此公称尺寸范围内的孔与轴的基本偏差完全按照通用规则确定，其数值按表 12 所列公式求得。

由表 12 可以看出：公称尺寸大于 500 ~ 3150mm 范围内，只要轴与孔的基本偏差代号对应（如 d 与 D），它们的计算公式完全一样，求得数值也完全相同，只是正、负号相反，故将其孔与轴的基本偏差列入同一表内（表 16）。

表12　公称尺寸大于500~3150mm孔和轴的基本偏差计算公式　（单位：μm）

轴			计算公式	孔		
基本偏差	极限偏差	符号		符号	极限偏差	基本偏差
d	es	−	$16D^{0.44}$	+	EI	D
e	es	−	$11D^{0.41}$	+	EI	E
f	es	−	$5.5D^{0.41}$	+	EI	F
g	es	−	$2.5D^{0.34}$	+	EI	G
h	es	无符号	偏差=0	无符号	EI	H
js	es ei	±	$0.5IT_n$	±	ES EI	JS
k	ei	无符号	偏差=0	无符号	ES	K
m	ei	+	$0.024D+12.6$	−	ES	M
n	ei	+	$0.04D+21$	−	ES	N
p	ei	+	$0.072D+37.8$	−	ES	P
r	ei	+	$\sqrt{ps}$或$\sqrt{PS}$	−	ES	R
s	ei	+	$IT7+0.4D$	−	ES	S
t	ei	+	$IT7+0.63D$	−	ES	T
u	ei	+	$IT7+D$	−	ES	U

注：1. D为公称尺寸段的几何平均值，单位为mm；基本偏差的计算结果以μm为单位。

2. 除JS和js外，表中所列计算公式与公差等级无关。

43. 标准中基本偏差的修约规则是怎样规定的？

答：如同标准公差一样，通过公式计算所求得的基本偏差数值中，也会产生复杂的小数或多位有效数，为此需按标准规定进行修约，见表13。修约方法与标准公差的修约方法相同。



表 13　基本偏差数值的修约

计算结果		公称尺寸		
		至 500mm		大于 500 ~ 3150mm
		基本偏差		
		a ~ g A ~ G	k ~ zc K ~ ZC	d ~ u D ~ U
自	至	修约成整倍数		
5	45	1	1	1
45	60	2	1	1
60	100	5	1	2
100	200	5	2	5
200	300	10	2	10
300	500	10	5	10
500	560	10	5	20
560	600	20	5	20
600	800	20	10	20
800	1000	20	20	20
1000	2000	50	50	50
2000	5000		100	100
…	…			…
20×10^n	50×10^n			1×10^n
50×10^n	100×10^n			2×10^n
100×10^n	200×10^n			5×10^n

44. 怎样正确使用基本偏差数值表？

答：为了便于生产中应用，标准中采用了与前述标准公差表相同的方法，将各类基本偏差，按公称尺寸分段，根据上述基本偏差计算公式，分别求出各自对应的基本偏差值并经过修约，列成表格，供工作中使用。

表 14 和表 15 分别列出公称尺寸小于或等于 500mm 轴与孔的基本偏差数值，表 16 列出公称尺寸大于 500 ~ 3150mm 孔和轴的基本偏差数值。

表 14 公称尺寸小于或等于

公称尺寸/mm		基本偏差数值(上极限偏						
		所有标准						
大于	至	a	b	c	cd	d	e	ef
—	3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18
10	14	-290	-150	-95		-50	-32	
14	18							
18	24	-300	-160	-110		-65	-40	
24	30							
30	40	-310	-170	-120		-80	-50	
40	50	-320	-180	-130				
50	65	-340	-190	-140		-100	-60	
65	80	-360	-200	-150				
80	100	-380	-220	-170		-120	-72	
100	120	-410	-240	-180				
120	140	-460	-260	-200		-145	-85	
140	160	-520	-280	-210				
160	180	-580	-310	-230				
180	200	-660	-340	-240		-170	-100	
200	225	-740	-380	-260				
225	250	-820	-420	-280				
250	280	-920	-480	-300		-190	-110	
280	315	-1050	-540	-330				
315	355	-1200	-600	-360		-210	-125	
355	400	-1350	-680	-400				
400	450	-1500	-760	-440		-230	-135	
450	500	-1650	-840	-480				



500mm 轴的基本偏差数值 （单位：μm）

差 es）					下极限偏差 ei		
公差等级					IT5 IT6	IT7	IT8
f	fg	g	h	js	j		
-6	-4	-2	0	偏差 = $\pm\frac{IT_n}{2}$，式中 IT_n 是 IT 数值	-2	-4	-6
-10	-6	-4	0		-2	-4	
-13	-8	-5	0		-2	-5	
-16		-6	0		-3	-6	
-20		-7	0		-4	-8	
-25		-9	0		-5	-10	
-30		-10	0		-7	-12	
-36		-12	0		-9	-15	
-43		-14	0		-11	-18	
-50		-15	0		-13	-21	
-56		-17	0		-16	-26	
-62		-18	0		-18	-28	
-68		-20	0		-20	-32	

公称尺寸/mm		基本偏差数值(下极限偏						
		IT4 ~ IT7	≤IT3 >IT7					
大于	至	k		m	n	p	r	s
—	3	0	0	+2	+4	+6	+10	+14
3	6	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19
6	10	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23
10	14	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28
14	18							
18	24	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35
24	30							
30	40	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43
40	50							
50	65	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53
65	80						+43	+59
80	100	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71
100	120						+54	+79
120	140	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92
140	160						+65	+100
160	180						+68	+108
180	200	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122
200	225						+80	+130
225	250						+84	+140
250	280	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158
280	315						+98	+170
315	355	+4	0	+21	+37	+62	+108	+190
355	400						+114	+208
400	450	+5	0	+23	+40	+68	+126	+232
450	500						+132	+252

注：公称尺寸小于或等于1mm时，基本偏差a和b均不采用。公差带js7 ~ js11，



（续）

差 ei）								
所有标准公差等级								
t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
	+18		+20		+26	+32	+40	+60
	+23		+28		+35	+42	+50	+80
	+28		+34		+42	+52	+67	+97
	+33		+40		+50	+64	+90	130
		+39	+45		+60	+77	+108	+150
	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
+75	+102	+120	+148	+174	+210	+274	+360	+480
+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600

若 IT_n 数值是奇数，则取偏差 = $\pm \frac{IT_n - 1}{2}$。

表 15　公称尺寸小于或等于

公称尺寸/mm		基本偏差数值(下极限偏									
		A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G
大于	至	所有									
—	3	+270	+140	+160	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5
10	14	+290	+150	+95		+50	+32		+16		+6
14	18										
18	24	+300	+160	+110		+65	+40		+20		+7
24	30										
30	40	+310	+170	+120		+80	+50		+25		+9
40	50	+320	+180	+130							
50	65	+340	+190	+140		+100	+60		+30		+10
65	80	+360	+200	+150							
80	100	+380	+220	+170		+120	+72		+36		+12
100	120	+410	+240	+180							
120	140	+460	+260	+200		+145	+85		+43		+14
140	160	+520	+280	+210							
160	180	+580	+310	+230							
180	200	+660	+340	+240		+170	+100		+50		+15
200	225	+740	+380	+260							
225	250	+820	+420	+280							
250	280	+920	+480	+300		+190	+110		+56		+17
280	315	+1050	+540	+330							
315	355	+1200	+600	+360		+210	+125		+62		+18
355	400	+1350	+680	+400							
400	450	+1500	+760	+440		+230	+135		+68		+20
450	500	+1650	+840	+480							



500mm 孔的基本偏差数值 （单位：μm）

差 EI)		基本偏差数值(上极限偏差 ES)								
H	JS	J			K		M		N	
标准公差等级		IT6	IT7	IT8	≤IT8	>IT8	≤IT8	>IT8	≤IT8	>IT8
0		+2	+4	+6	0	0	−2	−2	−4	−4
0		+5	+6	+10	$-1+\Delta$		$-4+\Delta$	−4	$-8+\Delta$	0
0		+5	+8	+12	$-1+\Delta$		$-6+\Delta$	−6	$-10+\Delta$	0
0		+6	+10	+15	$-1+\Delta$		$-7+\Delta$	−7	$-12+\Delta$	0
0		+8	+12	+20	$-2+\Delta$		$-8+\Delta$	−8	$-15+\Delta$	0
0		+10	+14	+24	$-2+\Delta$		$-9+\Delta$	−9	$-17+\Delta$	0
0		+13	+18	+28	$-2+\Delta$		$-11+\Delta$	−11	$-20+\Delta$	0
0	偏差 = $\pm IT_n/2$，式中 IT_n 是 IT 值数	+16	+22	+34	$-3+\Delta$		$-13+\Delta$	−13	$-23+\Delta$	0
0		+18	+26	+41	$-3+\Delta$		$-15+\Delta$	−15	$-27+\Delta$	0
0		+22	+30	+47	$-4+\Delta$		$-17+\Delta$	−17	$-31+\Delta$	0
0		+25	+36	+55	$-4+\Delta$		$-20+\Delta$	−20	$-34+\Delta$	0
0		+29	+39	+60	$-4+\Delta$		$-21+\Delta$	−21	$-37+\Delta$	0
0		+33	+43	+66	$-5+\Delta$		$-23+\Delta$	−23	$-40+\Delta$	0

公称尺寸 /mm		基本偏差数值(上极限偏差							
		P～ZC	P	R	S	T	U	V	X
大于	至	≤IT7	>IT7						
—	3	在大于 IT7 级的数值上增加一个 Δ 值	-6	-10	-14		-18		-20
3	6		-12	-15	-19		-23		-28
6	10		-15	-19	-23		-28		-34
10	14		-18	-23	-28		-33		-40
14	18							-39	-45
18	24		-22	-28	-35		-41	-47	-54
24	30					-41	-48	-55	-64
30	40		-26	-34	-43	-48	-60	-68	-80
40	50					-54	-70	-81	-97
50	65		-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122
65	80			-43	-59	-75	-102	-120	-146
80	100		-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178
100	120			-54	-79	-104	-144	-172	-210
120	140		-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248
140	160			-65	-100	-134	-190	-228	-280
160	180			-68	-108	-146	-210	-252	-310
180	200		-50	-77	-122	-166	-236	-284	-350
200	225			-80	-130	-180	-258	-310	-385
225	250			-84	-140	-196	-284	-340	-425
250	280		-56	-94	-158	-218	-315	-385	-475
280	315			-98	-170	-240	-350	-425	-525
315	355		-62	-108	-190	-268	-390	-475	-590
355	400			-114	-208	-294	-435	-530	-660
400	450		-68	-126	-232	-330	-490	-595	-740
450	500			-132	-252	-360	-540	-660	-820

注：1. 公称尺寸小于或等于 1mm 时，基本偏差 A 和 B 及大于 IT8 的 N 均不采用，
　　2. 对于小于或等于 IT8 的 K、M、N 和小于或等于 IT7 的 P～ZC，所需 Δ 值



（续）

ES）					Δ 值					
Y	Z	ZA	ZB	ZC	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8
	−26	−32	−40	−60	Δ = 0					
	−35	−42	−50	−80	1	1.5	1	3	4	6
	−42	−52	−67	−97	1	1.5	2	3	6	7
	−50	−64	−90	−130	1	2	3	3	7	9
	−60	−77	−108	−150						
−63	−73	−98	−136	−188	1.5	2	3	4	8	12
−75	−88	−118	−160	−218						
−94	−112	−148	−200	−274	1.5	3	4	5	9	14
−114	−136	−180	−242	−325						
−144	−172	−226	−300	−405	2	3	5	6	11	16
−174	−210	−274	−360	−480						
−214	−258	−335	−445	−585	2	4	5	7	13	19
−254	−310	−400	−525	−690						
−300	−365	−470	−620	−800	3	4	6	7	15	23
−340	−415	−585	−700	−900						
−380	−465	−600	−780	−1000	3	4	6	9	17	26
−425	−520	−670	−880	−1150						
−470	−575	−740	−960	−1250						
−520	−640	−820	−1050	−1350	4	4	7	9	20	29
−580	−710	−920	−1200	−1550						
−650	−790	−1000	−1300	−1700						
−730	−900	−1150	−1500	−1900	4	5	7	11	21	32
−820	−1000	−1300	−1650	−2100						
−920	−1100	−1450	−1850	−2400	4	5	7	13	23	34
−1000	−1250	−1600	−2100	−2600						

公差带 JS7 ~ JS11，若 IT_n 值数是奇数，则取偏差 = $\pm IT_{n-1}/2$。
从表内右侧选取。

表16 公称尺寸大于500～3150mm孔和轴的基本偏差数值

基本偏差		上极限偏差(es)					下极限偏差(ei)								
公称尺寸/mm		d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u
大于	至	−	−	−	−				+	+	+	+	+	+	+
500	560	260	145	76	22	0		0	26	44	78	150	280	400	600
560	630											155	310	450	660
630	710	290	160	80	24	0		0	30	50	88	175	340	500	740
710	800											185	380	560	840
800	900	320	170	86	26	0		0	34	56	100	210	430	620	940
900	1000											220	470	680	1050
1000	1120	350	195	98	28	0		0	40	65	120	250	520	780	1150
1120	1250											260	580	840	1300
1250	1400	390	220	110	30	0		0	48	78	140	300	640	960	1450
1400	1600											330	720	1050	1600
1600	1800	430	240	120	32	0		0	58	92	170	370	820	1200	1850
1800	2000											400	920	1350	2000
2000	2240	480	260	130	34	0		0	68	110	195	440	1000	1500	2300
2240	2500											460	1100	1650	2500
2500	2800	520	290	145	38	0		0	76	135	240	550	1250	1900	2900
2800	3150											580	1400	2100	3200
大于	至	+	+	+	+				−	−	−	−	−	−	−
公称尺寸/mm		D	E	F	G	H	JS	K	M	N	P	R	S	T	U
基本偏差		下极限偏差(EI)					上极限偏差(ES)								

生产中可按零件上孔或轴要素、公称尺寸及所需基本偏差类别，分别从上述相应的基本偏差数值表中直接查得，不需再按计算公式进行繁琐的计算。

使用基本偏差数值表时，应注意以下事项。



1）公称尺寸小于或等于500mm 轴的基本偏差应由表14 中查取；相同尺寸孔的基本偏差则应从表15 中查取。公称尺寸大于500～3150mm 的轴和孔的基本偏差均由表16 中查取（在国家标准中将上述两尺寸范围合并，分别列出轴和孔的两个基本偏差数值表）。

2）各类基本偏差一般与公差等级无关（即数值表中所示用于“所有标准公差等级”）。但公称尺寸小于或等于500mm 的 j、k 类轴的基本偏差，以及 J～ZC 类孔的基本偏差，则与公差等级有关，查取时应注意对应相应公差等级范围。如 ϕ45k7 和 ϕ45k8 是同一公称尺寸和相同的基本偏差类别（k），但两者公差等级不同（IT7 和 IT8），其基本偏差应按表中所列相应等级范围一栏内查取。ϕ45k7 应在表14 中基本偏差 k 一栏公差等级 IT4～IT7 一格内查得其基本偏差为 +2μm；而 ϕ45k8 则应在≤IT3、>IT7 一格内查得其基本偏差为0。

3）按特殊规则确定的孔的基本偏差数值，在表中采用按基本规则确定的数值加附加值 Δ 的方式表示，而相应的 Δ 值则列于表15 最后一栏。使用时应对应不同公差等级查取。如查取 ϕ25P7 的基本偏差，在表15 中首先在基本偏差“P～ZC”、公差等级≤IT7 一栏内查知，在大于 IT7 级的数值上增加一个 Δ 值；再由基本偏差 P、标准公差等级 >IT7 一栏内，在公称尺寸大于 24～30 尺寸段内查得 −22μm；然后在表末一栏对应 IT7 相应公称尺寸对应一格内查得 Δ=8μm；由此可得 ϕ25P7 的基本偏差为 −22μm+8μm=−14μm。

4）js 和 JS 是完全对称偏差，在数值表中给出：偏差 $=\pm\dfrac{IT_n}{2}$，式中 IT_n 是相应公差等级的标准公差。由此可以直接确定其上、下极限偏差值。如查取 ϕ60js7 的上、下极限偏差，先从表8 中查得公称尺寸60mm 的标准公差 IT7=30μm，故其上极限偏差 $es=+\dfrac{30}{2}\mu m=+15\mu m$，下极限偏差 $ei=-\dfrac{30}{2}\mu m=-15\mu m$。

5）公称尺寸大于500～3150mm孔和轴的基本偏差，其同一尺寸段内相应的基本偏差代号的基本偏差绝对值相同，而符号相反，故将其数值列于同一表内（表16）。查取时，轴应按表中上列符号确定，孔则按下列符号确定。如查取ϕ650f7轴的基本偏差，应为上极限偏差－80μm。又如查取ϕ650F7孔的基本偏差，则应为下极限偏差＋80μm。

45. 标准中公称尺寸大于3150～10000mm时的基本偏差是怎样确定的？

答：如前所述，国家标准极限与配合中，仅规定了公称尺寸小于或等于3150mm的基本偏差计算公式，并提供了相应的数值表。而有些机械工业生产领域往往会遇到一些更大尺寸的结构要求。由于大尺寸的特性，对其尺寸偏差控制要求也不相同，其基本偏差的计算基础也不一样。为满足生产需要，标准中提供了公称尺寸大于3150～10000mm的基本偏差数值表，可供参考使用。

公称尺寸大于3150～10000mm的孔和轴基本偏差数值见表17。表中仅提供了D～U（d～u）基本偏差。该表的查取方法与表16相同。

表17　公称尺寸大于3150～10000mm孔和轴的基本偏差数值

（单位：μm）

轴的基本偏差		上极限偏差(es)						下极限偏差(ei)							
		d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u
公差等级		IT6～IT8													
公称尺寸/mm		符号													
大于	至	－	－	－	－				＋	＋	＋	＋	＋	＋	＋
3150	3550	580	320	160		0	偏差＝$\pm\frac{IT_n}{2}$				290	680	1600	2400	3600
3550	4000											720	1750	2600	4000
4000	4500	640	350	175		0					360	840	2000	3000	4600
4500	5000											900	2200	3300	5000



（续）

轴的基本偏差		上极限偏差（es）						下极限偏差（ei）							
		d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u
公差等级		IT6 ~ IT8													
公称尺寸/mm		符号													
大于	至	−	−	−	−				+	+	+	+	+	+	+
5000	5600	720	380	190		0					440	1050	2500	3700	5600
5600	6300											1100	2800	4100	6400
6300	7100	800	420	210		0	偏差 = $\pm\frac{IT_n}{2}$				540	1300	3200	4700	7200
7100	8000											1400	3500	5200	8000
8000	9000	840	460	230		0					680	1650	4000	6000	9000
9000	10000											1750	4400	6600	10000
大于	至	+	+	+	+				−	−	−	−	−	−	−
公称尺寸/mm		符号													
公差等级		IT6 ~ IT8													
孔的基本偏差		D	E	F	G	H	JS	K	M	N	P	R	S	T	U
		下极限偏差（EI）						上极限偏差（ES）							

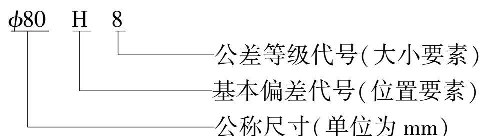
极限与配合的注法及极限偏差表

46. 什么是公差带代号？它表示什么意义？

答： 用基本偏差字母和公差等级数字，表示公差带的位置和大小要素的符号，称为公差带代号。

公差带代号是由基本偏差代号（位置要素）和公差等级代号（大小要素）组成。如孔的公差带代号 H8、F9、K7、P6 等；轴的公差带代号 h7、f8、k6、p9 等。公差带代号均用同一号大小的字书写。

标注公差尺寸时可用公称尺寸后跟所要求的公差带代号表示，如 ϕ80H8、50f7 等，该标注含意如下。



如前所述，公称尺寸是确定尺寸偏差的基准，即它确定了公差带的零线位置。基本偏差则是确定公差带位置的参数，标准中对孔与轴分别规定了 28 种代号（37 题），以表示不同公差带的位置，并以大写字母表示孔的基本偏差，以小写字母表示轴的基本偏差。标准公差是确定公差带大小的参数，标准中规定了 20 个公差等级，分别用阿拉伯数字表示（28 题）。

由公差带代号可明确表示出零件尺寸的加工精度要求。

47. 零件图上的公差注法有哪几种形式？

答： 在零件图上的公差注法有以下三种形式。

1）采用公差带代号标注。将公差带代号注在公称尺寸右边，如图 37 所示。轴 ϕ100m7（图 37a）表示公称尺寸为 100mm 的轴，基本偏差为 m，标准公差为 IT7。同样，孔 ϕ100H8（图



37b）表示公称尺寸为100mm，基本偏差为H（基准孔），标准公差为IT8。

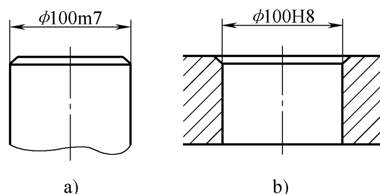


图37　公差带代号标注法

采用公差带代号标注时，公差带代号应注在公称尺寸右边，并用与公称尺寸同号大小的字依次并列书写。这种标注方法很简单，且便于直观判别其配合性质和精度要求。但不能直接得到尺寸的极限偏差，而需要根据所标注的公差带代号，从标准中查得。此种标注方法不便于生产中加工和检验，因此一般零件图上很少应用，而多用于装配图上表示装配关系。

2）采用极限偏差标注。将极限偏差（上、下极限偏差）并列标注在公称尺寸右侧，如图38所示。轴 $\phi100^{+0.048}_{+0.013}$（图38a）表示公称尺寸为100mm，上极限偏差为+0.048mm；下极限偏差为+0.013mm。同样，孔 $\phi100^{+0.054}_{0}$（图38b）表示公称尺寸为100mm，上极限偏差为+0.054mm，下极限偏差为0。

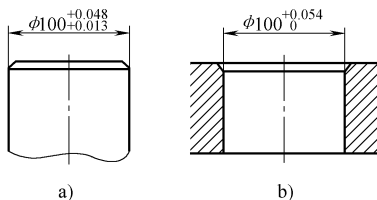


图38　极限偏差标注法

采用极限偏差标注尺寸公差，方法简便，数值明确，便于生产中加工与检验，所以它是零件图上最常用的一种标注形式。但这种标注方法不能直观地判别其配合性质和公差等级，所以在成批大量生产中，还需要对照其上、下极限偏差值，从标准中查出相应的公差带代号，以便于选用适宜的标准刀具和量具。

3）采用公差带代号和极限偏差同时标注。同时将公差带代号和相应的极限偏差依次注在公称尺寸右边，后者应加圆括号，如图39所示。轴 $\phi100\text{m7}\left(^{+0.048}_{+0.013}\right)$ 表示公称尺寸为100mm的轴

（图39a），基本偏差为m，公差等级为IT7，与其相对应的极限偏差为：上极限偏差为+0.048mm，下极限偏差为+0.013mm。孔ϕ100H8（$^{+0.054}_{0}$）的含义（图39b）与上述相似。

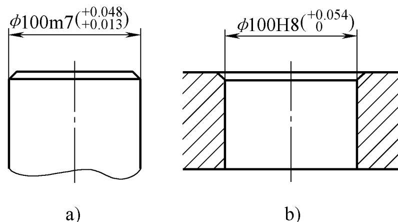


图39　用公差带代号和极限偏差同时标注

采用公差带代号和极限偏差同时标注的方法对标注公差尺寸表示得最清晰，生产中应用也很方便，但图样标注较复杂，故这种标注形式一般仅限用于有特殊要求的图样。

48. 用极限偏差标注尺寸公差时，应注意哪些问题？

答：采用极限偏差标注尺寸公差，在生产中应用较为方便，所以在生产图样中应用很广泛。但是，在应用时应注意以下事项。

1）所注的极限偏差必须按标准中所规定的范围进行选取，非特殊需要时，不得随意选定。

2）标注极限偏差时，上极限偏差应注在公称尺寸在右上方，下极限偏差应与公称尺寸注在同一底线上。上下极限偏差数字的字号应比公称尺寸数字的字号小一号，如图40所示。

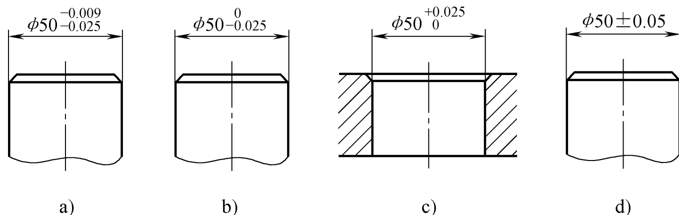


图40　极限偏差的标注要求



上、下极限偏差的小数点必须对齐（图 40a），小数点后最右端的“0”一般不予注出。如果为了使上、下极限偏差值的小数点后的位数相同，可用“0”补齐。

3）当上极限偏差或下极限偏差为“零”时，用数字“0”标出，并与下极限偏差或上极限偏差的小数点前的个位数对齐（图 40b、c）。

4）当公差带相对于公称尺寸对称地配置，即上、下极限偏差的绝对值相同时，偏差数字可以只注写一次，并应在偏差数字与公称尺寸之间注出符号“±”且两者数字高度相同（图 40d）。

图样上的尺寸及其公差标注的书写方法，应按机械制图标准规定，如图 41 所示。

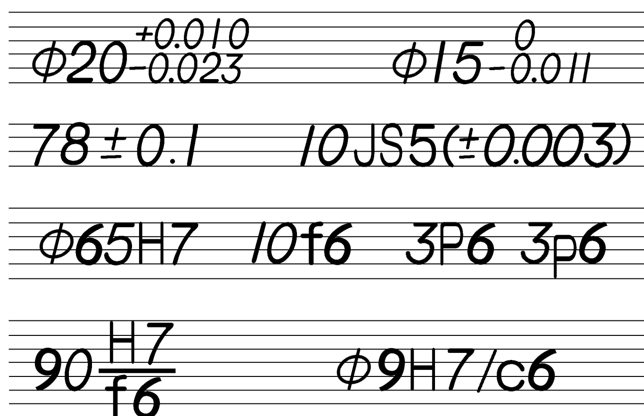


图 41　图样上的尺寸及其公差的书写方法

49. 图样上采用公差带代号标注时，应怎样确定其极限偏差？

答：当图样上采用公差带代号标注时，应根据其公称尺寸大小、给定的基本偏差和标准公差等级，从基本偏差数值表（表 14～表 17）和标注公差数值表（表 8～表 10）中，分别查得相应的基本偏差和标准公差数值；然后由基本偏差确定其中一个极限偏差（上极限偏差或下极限偏差），而另一个极限偏差，则应根据基本偏差的分布位置和标准公差数值求得，具体计算方法

如下。

（1）轴的极限偏差的确定

基本偏差在 a ~ h 范围内时

上极限偏差 = 基本偏差

下极限偏差 = 上极限偏差 − 标准公差

基本偏差在 j ~ zc 范围内时

下极限偏差 = 基本偏差

上极限偏差 = 下极限偏差 + 标准公差

基本偏差为 js 时

$$上极限偏差 = +\frac{1}{2}标准公差$$

$$下极限偏差 = -\frac{1}{2}标准公差$$

例　确定 ϕ45g7 的极限偏差。

首先根据公称尺寸 45mm，确定其公称尺寸分段为 30 ~ 50mm。

由表 8 中查得：标准公差 IT7 = 25μm。

由表 14 中查得：基本偏差 g = −9μm。该基本偏差位于 a ~ h 范围内，故

上极限偏差 = 基本偏差 = −9μm

下极限偏差 = 基本偏差 − 标准公差 = −9μm − 25μm = −34μm

故尺寸 ϕ45g7 用极限偏差表示为 $\phi45^{-0.009}_{-0.034}$。

（2）孔的极限偏差的确定

基本偏差在 A ~ H 范围内时

下极限偏差 = 基本偏差

上极限偏差 = 下极限偏差 + 标准公差

基本偏差在 J ~ ZC 范围内时

上极限偏差 = 基本偏差

下极限偏差 = 上极限偏差 − 标准公差

基本偏差为 JS 时

$$上极限偏差 = +\frac{1}{2}标准公差$$



$$下极限偏差 = -\frac{1}{2}标准公差$$

例　确定孔 ϕ45H7 的极限偏差。

首先根据公称尺寸45mm，确定公称尺寸段为30～50mm。

由表 8 中查得：标准公差 IT7 =25μm。

由表 15 中查得：基本偏差 H =0。该基本偏差位于 A～H 范围内，故

下极限偏差 =基本偏差 =0

上极限偏差 =下极限偏差 +标准公差 =0 +25μm =25μm

故尺寸 ϕ45H7 用极限偏差表示为 $\phi45^{+0.025}_{0}$。

应当指出：为了方便生产，标准中对常用尺寸范围的一些公差带均一一计算出，并用极限偏差表的形式列出，工作中可直接查得（详见后述）。

50. 国家标准中极限偏差表包括哪些内容？怎样正确使用极限偏差表？

答：如上所述，生产中当选定某一公称尺寸的公差带后，需按其公称尺寸分段和查取基本偏差、标准公差数值，计算后方可得出其极限偏差（上极限偏差、下极限偏差）。这给工作带来极大不方便。为了方便使用，国家标准中将经常使用的各尺寸段的公差带极限偏差，按上述方法一一计算好，并列成表格，应用时便可直接从中查得所需极限偏差。

标准中分别给出孔的极限偏差（附录 A）和轴的极限偏差（附录 B）两大部分。两个极限偏差表均按同一格式列出，即按基本偏差 A、B、C、…（或 a、b、c、…）顺序依次排列。在每种基本偏差下包含若干公差等级。从上至下依次按公称尺寸分段给出相对应的极限偏差值。

标准中规定有孔和轴的基本偏差各 28 种，同时还规定了 20 个公差等级。原则上讲，任一基本偏差和任一公差等级相组合，均可构成一个尺寸公差带。再加上 0～3150mm 公称尺寸范围内又分为多个尺寸分段，如将其均列入标准内，这样会产生非常庞

大的极限偏差表，又会给工作带来极大不便。为此，标准中根据实际需要，选择了公称尺寸至500mm孔的公差带203种和公称尺寸大于500～3150mm孔的公差带82种综合列出孔的极限偏差表（附录A)。同时又选择了公称尺寸至500mm轴的公差带213种和公称尺寸大于500～3150mm轴的公差带79种，综合列出轴的极限偏差表（附录B)。

在实际生产中，凡需表中所列范围内各类公差带的极限偏差值，均可直接查取。查取方法是：先根据给出的基本偏差代号，找到表中相应位置一栏（注意：孔、轴分别在两个表上)；然后在该基本偏差一栏内查出相应的公差等级位置；最后按给出的公称尺寸所处尺寸段范围一栏，其与相应公差等级一栏所对应方格内给出的数值，即为该公差尺寸的两极限偏差值。

例　查取ϕ120F7的极限偏差。先在“附录A　孔的极限偏差”表内找出“F”一栏，再在此栏下找出7级位置。公称尺寸120mm属于80～120mm尺寸段，沿该尺寸段水平方向找到与F7一行对应方格内查得$^{+71}_{+36}$，即该公差尺寸的上极限偏差为+0.071mm；下极限偏差为+0.036mm。

应用极限偏差表时，应注意以下事项。

1）表中除基本偏差JS和js的公差带之外，其上极限偏差ES或es的数值均列于下极限偏差EI或ei的数值之上。JS或js的上、下极限偏差均对称于零线，为避免同值的重复，表中均以“$\pm X$”给出，其表示为ES = $+X$、EI = $-X$。例如，±0.23（单位在mm一栏内）表示上极限偏差为+0.23mm，下极限偏差为-0.23mm。

2）表中有许多空格，均为不常用的公差带。如需要表中空格内的极限偏差时，可按49题所述方法求得。

3）公称尺寸至500mm和公称尺寸大于500mm的两尺寸范围计算基础不同，但其极限偏差查取方法完全相同。

51. 什么是一般用途、常用和优先公差带?

答：如前所述，根据标准中规定的基本偏差种类和标准公差



的不同等级，可以组成种类繁多的尺寸公差带。它一方面可以充分满足各种功能配合的需要，但另一方面又给生产中的应用带来诸多不便。为了便于生产，标准中在最大限度地满足产品功能要求的前提下，给出了简化的零件尺寸公差带种类，以利于减少定值量具和刀具的规格。

标准中从上述繁多的孔、轴公差带里，选择出一部分生产中经常用到的公差带，规定为一般用途公差带。在此基础上，再从一般用途公差带中进一步压缩，规定了常用公差带。最后又在常用公差带范围内，再选出少部分在生产中应用最广泛的公差带，定为优先公差带。

生产中选择公差带时，首先应优先考虑选用标准中规定的优先公差带。在此范围内的公差带，国家将优先供应各种定值量具和刀具，可直接提供生产使用。如该范围内的公差带不能满足需要时，可用按常用、一般用途公差带的顺序选用。在零件功能要求确有必要的情况下，也可考虑采用上述范围以外的公差带。只有在特殊需要时，方可按前面所述各项计算公式，用插入或延伸的方法计算，以确定所需的公差带。

52. 公称尺寸至500mm孔、轴公差带的选用范围是怎样规定的？

答：标准规定公称尺寸至500mm孔的公差带中，一般用途公差带105种。常用公差带43种，优先公差带13种，具体选定的公差带见表18。表18中所列所有公差带的极限偏差，均可在附录A中查得。

在生产中选择孔的公差带时，应优先选用圆圈中的公差带，其次选用方框中的公差带，最后选用表中的其他公差带。

标准规定公称尺寸至500mm轴的公差带中，一般用途公差带116种，常用公差带59种，优先公差带13种。具体选定的公差带见表19。表19中所列所有公差带的极限偏差，均可在附录B中查得。



表 18　公称尺寸至 500mm 优先、常用和一般用途的孔公差带

							H1		JS1												
							H2		JS2												
							H3		JS3												
							H4		JS4	K4	M4										
						G5	H5		JS5	K5	M5	N5	P5	R5	S5						
					F6	G6	H6	J6	JS6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	T6	U6	V6	X6	Y6	Z6
			D7	E7	F7	**G7**	**H7**	J7	JS7	**K7**	M7	**N7**	**P7**	R7	**S7**	T7	**U7**	V7	X7	Y7	Z7
		C8	D8	E8	**F8**	G8	**H8**	J8	JS8	K8	M8	N8	P8	R8	S8	T8	U8	V8	X8	Y8	Z8
A9	B9	C9	**D9**	E9	F9		**H9**		JS9			N9	P9								
A10	B10	C10	D10	E10			H10		JS10												
A11	B11	**C11**	D11				**H11**		JS11												
A12	B12	C12					H12		JS12												
							H13		JS13												

注：表中圆圈中孔的公差带为优先选用的，方框中的为常用的。

表 19　公称尺寸至 500mm 优先、常用和一般用途的轴公差带

							h1		js1												
							h2		js2												
							h3		js3												
						g4	h4		js4	k4	m4	n4	p4	r4	s4						
					f5	g5	h5	j5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5	t5	u5	v5	x5		
				e6	f6	g6	h6	j6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	v6	x6	y6	z6
			d7	e7	f7	g7	h7	j7	js7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7	v7	x7	y7	z7
		c8	d8	e8	f8	g8	h8		js8	k8	m8	n8	p8	r8	s8	t8	u8	v8	x8	y8	z8
a9	b9	c9	d9	e9	f9		h9		js9												
a10	b10	c10	d10	e10			h10		js10												
a11	b11	c11	d11				h11		js11												
a12	b12	c12					h12		js12												
a13	b13						h13		js13												

注：表中圆圈中轴的公差带为优先选用的，方框中的为常用的。



同样，生产中选择轴公差带时，应优先选用圆圈中的公差带，其次选用方框中的公差带，最后选用表中的其他公差带。

53. 公称尺寸大于 500～3150mm 孔、轴公差带的选用范围是怎样规定的?

答: 公称尺寸大于 500～3150mm 尺寸范围在生产中应用较少，故标准中没有再划分优先、常用和一般用途的选择顺序，仅给出了范围较小的常用公差带。

公称尺寸大于 500～3150mm 孔的公差带，标准中规定了 31 种常用公差带，见表 20。表 20 中列出的所有公差带的极限偏差，均可在附录 A 中查得。

表 20　公称尺寸大于 500～3150mm 常用的孔公差带

			G6	H6	JS6	K6	M6	N6
		F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7
D8	E8	F8		H8	JS8			
D9	E9	F9		H9	JS9			
D10				H10	JS10			
D11				H11	JS11			
				H12	JS12			

生产中可按实际需要，尽量选用表 20 内所规定的公差带。

公称尺寸大于 500～3150mm 轴的公差带，标准中规定了 41 种常用公差带，见表 21。表 21 中列出的所有公差带的极限偏差，均可在附录 B 中查得。

表 21　公称尺寸大于 500～3150mm 常用的轴公差带

			g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6
		f7	g7	h7	js7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7
d8	e8	f8		h8	js8								
d9	e9	f9		h9	js9								
d10				h10	js10								
d11				h11	js11								
				h12	js12								

54. 什么是配合代号？它表示什么意义？

答：在装配图上，用公差带代号表示相互组合的孔与轴配合关系的符号，称为配合代号。

配合代号是由孔和轴的公差带代号组合在一起，用分数形式表示，分子为孔的公差带代号，分母为轴的公差带代号。图 42 所示齿轮泵装配图，齿轮轴 2 与泵体 1 座孔间及从动齿轮 4 的孔与小轴 3 间配合处，均标注有 ϕ18H7/f7 配合代号，其表示由 ϕ18H7 的孔与 ϕ18f7 的轴相配合，呈间隙配合状态。而在小轴 3 与泵体孔配合面处，标注有 ϕ18H7/r6，其表示 ϕ18H7 的孔与 ϕ18r6 的轴相配合，呈过盈配合状态。

图 42　齿轮泵装配图

1—泵体　2—齿轮轴　3—小轴　4—从动齿轮

55. 在装配图上配合的注法有哪几种形式？

答：在装配图上配合的注法有以下几种形式。

1）采用配合代号标注。在公称尺寸的右边用分数的形式注出，分子位置注孔的公差带代号，分母位置注轴的公差带代号，如图 43 所示。配合代号可注在尺寸线上方（图 43a），必要时也允许注在尺寸线中间（图 43b），或采用平列书写方式（图 43c）。这种标注形式很简单，且便于判别其配合性质和公差要

求，但不能直接求得其极限过盈或极限间隙。

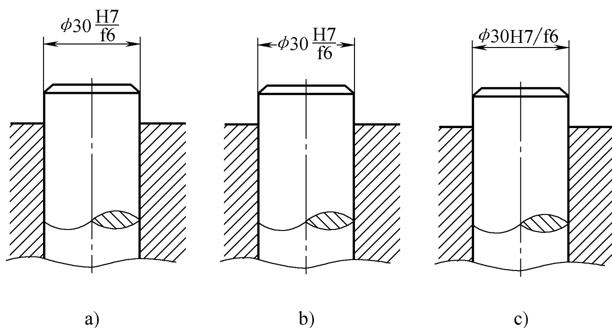


图43　用配合代号标注配合

2）采用极限偏差标注。在图样上分别注出相互配合零件各自的极限偏差，如图44所示。标注时，可将孔的公称尺寸和极限偏差注写在尺寸线的上方，轴的公称尺寸和极限偏差注写在尺寸线的下方（图44a）；也可将公称尺寸注在尺寸线中间，然后将孔的极限偏差注写在尺寸线上方，轴的极限偏差注写在尺寸线下方（图44b）。若需要明确指出装配件的代号时，可按图44c所示形式标注。用孔与轴的极限偏差标注配合，可直接由孔、轴的极限偏差求得极限间隙或极限过盈，但不能直观地判别其配合性质与公差等级。

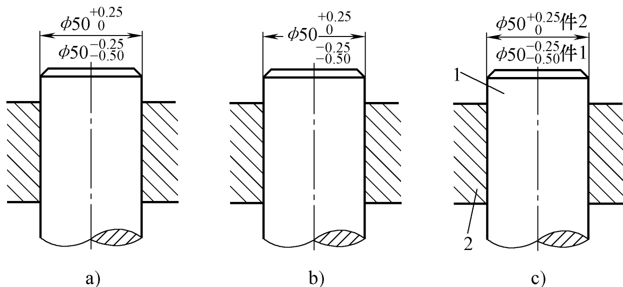


图44　用极限偏差标注配合



3）标注与标准件（如滚动轴承）配合的零件（轴或孔）的配合要求时，可以仅标注该零件的公差带代号，如图 45 所示。图 45 中滚动轴承为一标准件，其内孔及外圆的尺寸公差均已由专业标准确定，所以与其外圆相配的箱体座孔，以及与其内孔相配的轴之间的配合，仅标注出与其相配合的孔 ϕ62J7 和轴 ϕ30k6 的公差带即可。

应当指出：当某零件与非标准外购件配合时，应按图 44 所示形式标注。

56. 什么是优先和常用配合？标准中规定有哪些优先、常用配合？

答：从原则上讲，标准中所规定的任一孔公差带和与其公称尺寸相同的轴公差带相组合，均可构成一种配合，由此便可产生多种多样性质不同的配合。种类繁多的配合虽然可以最大限度地满足各种机械不同配合性质的需要，但也给生产带来极大不便。

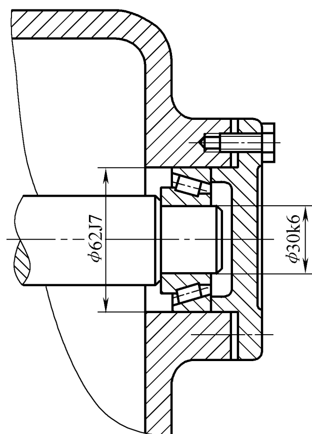


图 45　与标准件配合的注法

为了简化、统一配合的种类，根据大多数产品功能的需要，标准中从公称尺寸至 500mm 大量不同种类配合中选出 59 种基孔制常用配合和 47 种基轴制常用配合，作为选择配合时首选范围。同时又在上述配合种类的基础上，进一步简化，选出基孔制和基轴制各 13 种配合，作为生产中优先选用范围，称为优先配合。

标准中规定的公称尺寸至 500mm 的基孔制优先、常用配合见表 22；基轴制优先、常用配合见表 23。

选用配合时，应首先考虑标准中规定的优先配合，若此范围内的配合不能满足功能要求时，再考虑选用常用配合。



表 22 基孔制优先、常用配合

基准孔	轴																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
	间隙配合								过渡配合			过盈配合									
H6						H6/f5	H6/g5	H6/h5	H6/js5	H6/k5	H6/m5	H6/n5	H6/p5	H6/r5	H6/s5	H6/t5					
H7						H7/f6	◤H7/g6	◤H7/h6	H7/js6	◤H7/k6	H7/m6	◤H7/n6	◤H7/p6	H7/r6	◤H7/s6	H7/t6	◤H7/u6	H7/v6	H7/x6	H7/y6	H7/z6
H8					H8/e7	◤H8/f7	H8/g7	◤H8/h7	H8/js7	H8/k7	H8/m7	H8/n7	H8/p7	H8/r7	H8/s7	H8/t7	H8/u7				
				H8/d8	H8/e8	H8/f8		H8/h8													
H9			H9/c9	◤H9/d9	H9/e9	H9/f9		◤H9/h9													
H10			H10/c10	H10/d10				H10/h10													
H11	H11/a11	H11/b11	◤H11/c11	H11/d11				◤H11/h11													
H12		H12/b12						H12/h12													

注：1. $\frac{H6}{n5}$、$\frac{H7}{p6}$在公称尺寸小于或等于 3mm 和$\frac{H8}{r7}$在小于或等于 100mm 时，为过渡配合。

2. 标注◤的配合为优先配合。

表 23　基轴制优先、常用配合

基准孔	孔																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	JS	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
	间隙配合								过渡配合			过盈配合									
h5						$\frac{F6}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{JS6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$	$\frac{R6}{h5}$	$\frac{S6}{h5}$	$\frac{T6}{h5}$					
h6						$\frac{F7}{h6}$	◤ $\frac{G7}{h6}$	◤ $\frac{H7}{h6}$	$\frac{JS7}{h6}$	◤ $\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	◤ $\frac{N7}{h6}$	◤ $\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	◤ $\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	◤ $\frac{U7}{h6}$				
h7					$\frac{E8}{h7}$	◤ $\frac{F8}{h7}$		◤ $\frac{H8}{h7}$	$\frac{JS8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$									
h8				$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$		$\frac{H8}{h8}$													
h9				◤ $\frac{D9}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$		◤ $\frac{H9}{h9}$													
h10				$\frac{D10}{h10}$				$\frac{H10}{h10}$													
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	◤ $\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$				◤ $\frac{H11}{h11}$													
h12		$\frac{B12}{h12}$						$\frac{H12}{h12}$													

注：标注◤的配合为优先配合。



表22和表23中列出的所有配合仍不能满足要求时，可从上述规定范围之外选择配合，但仍应按标准中规定的优先、常用和一般用途的孔、轴公差带依次进行选配。只有在特殊情况下，才允许采用配制配合（66题）。

57. 怎样确定优先、常用配合的极限间隙或极限过盈?

答：如前所述，极限间隙或极限过盈是由相配合的孔与轴的极限偏差来确定的。为了便于生产中使用，标准中将优先、常用配合的极限间隙或极限过盈，按相应孔和轴的极限偏差值计算好，并列成表（附录C）。使用时，可根据配合件的公称尺寸和给定的配合代号，由表中直接查得相应配合的极限间隙或极限过盈。

例　由表中查出 ϕ50H7/g6 的极限间隙或极限过盈。

从配合代号可以看出，该配合为基孔制。首先由表中基孔制一栏内，按照公差等级顺序找到 H7/g6 一项位置。然后对应公称尺寸50mm（在大于40～50mm尺寸分段内）查得 $^{+50}_{+9}$。表中“+”为间隙，“-”为过盈，单位是μm。由此可得，ϕ50H7/g6 为间隙配合，其最大间隙为0.05mm，最小间隙为0.009mm。

又如，由表中查出 ϕ150K7/h6 的极限间隙或极限过盈。由配合代号可以看出该配合为基轴制配合。由表中基轴制一栏查得K7/h6 一项位置，然后对应公称尺寸150mm（在大于140～160mm尺寸分段内）查得 $^{+37}_{-28}$。由此可知：ϕ150K7/h6 为过渡配合，其最大间隙为0.037mm，最大过盈为0.028mm。

极限与配合的选择与应用

58. 极限与配合的选择包括哪些内容？选择的一般步骤是怎样的？

答：极限与配合的选择包括基准制的选择、配合的选择和公差等级的选择等。合理地选用极限与配合，不仅能确保互换性生产，而且对提高产品质量、降低生产成本都有很重要的意义。

极限与配合的合理选择，应根据机器的功能要求及加工工艺性，并按照标准中有关规定来确定。一般步骤如下。

1）首先要确定所采用基准制，是采用基孔制配合，还是基轴制配合。

2）根据零件的功能要求，确定它所需要的配合性质，也就是确定选用哪种基本偏差。

3）根据零件配合精度的要求，确定零件的公差等级。

极限与配合的选择是机械设计中的一个重要组成部分，其与整个设计工作密切相关。上述三个步骤在实施过程中也是密切联系的，不能孤立、机械地按某一步骤进行。正确的选择往往是来源于实践工作的总结。

孔、轴公差带与配合选择中应遵循的原则是：首先应采用优先公差带及优先配合，其次采用常用公差带及常用配合，再次采用一般公差带组成配合。如上述规定范围不能满足实际需要时，可按标准中规定的标准公差与基本偏差组成所需要的公差带。

59. 基准制的选择原则是什么？

答：相组合的孔与轴之间的配合性质，取决于机器的功能要求。但是，要取得相同的配合性质，往往可以采用多种不同的孔、轴公差带的组合来得到。如 ϕ150H8/f7 配合与 ϕ50F8/h7 配合，两者都是最大间隙为 0.089mm，最小间隙为 0.025mm 的间

隙配合。生产中就应选择一种比较理想的配合关系，使其能满足功能要求，又具有良好的加工工艺性，以获得最佳经济效果。

因此，选择基准制，应从机器结构特点、加工工艺性和经济性等方面综合考虑。选择的原则是：在满足使用要求的前提下，获得最佳的经济技术效益。

1）一般情况下应优先选用基孔制。从设计上讲，基孔制和基轴制通常都可以实现同样配合性能要求。但是，加工精确的孔要比加工相同精度的轴困难得多。因此加工中、小尺寸精确孔时，通常需要价值昂贵的定值刀具和量具，如扩孔钻、铰刀、拉刀、塞规等，而且每一种定值刀具和量具，只能加工或检验一种尺寸和公差带的孔，只要零件的尺寸公差带发生变化，就必须更换不同规格的刀具和量具，这将给生产带来极大不便。采用基孔制，孔的公差带可取一定值不变，只需改变轴的公差带，便可满足各种配合性质的要求。加工轴只需同一把车刀或砂轮，便可加工出各种不同公差带尺寸。由此可见，改变轴的公差带在加工制造上更为方便，且经济效益好。因此，生产中应优先采用基孔制。

2）在下列情况下，应采用基轴制。

① 生产中采用基轴制可产生明显经济效益时，如在农业机械和纺织机械中，经常使用具有一定精度的冷拉钢材（这种钢材是按基准轴的公差带制造的）直接作为轴，不必再加工。此时采用基轴制可避免冷拉钢材的尺寸公差带规格过多。

② 当同一轴与公称尺寸相同的几个孔相组合，且配合性质要求不同的情况下，应考虑采用基轴制。如图 46 所示，在发动机活塞连杆部件中，活塞销 2 用于连接活塞 1 和连杆。根据其功能要求，活塞销与活塞两端座孔间配合应十分紧密，活塞销与连杆衬套内孔间配合相对松动。若采用基孔制，为实现上述不同配合性能要求，活塞销应制成阶梯状，且中间小、两头大，无法装配。此时只有采用基轴制，以活塞销外圆作为基准轴（h5），选择不同基本偏差的孔与其相配，即使与活塞两端座孔间呈过渡配



合（M6/h5），与连杆衬套内孔间呈间隙配合（G6/h5）。这样，既便于大量生产，降低成本，又便于装配。

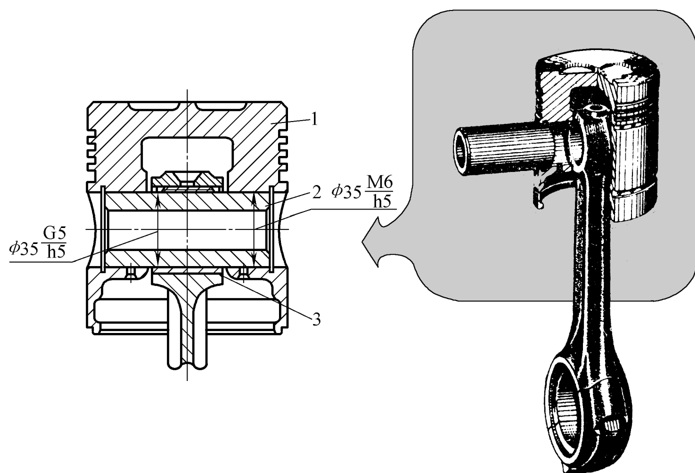


图 46　基轴制配合

1—活塞　2—活塞销　3—连杆衬套

③ 尺寸小于 1mm 的精密轴比同级精度的孔加工要困难得多，在仪器、仪表、钟表和无线电的零件生产中，通常使用光轧成形的钢丝直接作为轴，此时也应采用基轴制。

3）与标准零部件配合时，应以标准件为基准件来确定采用基轴制还是基孔制。图 45 所示滚动轴承（为基本件）与轴和箱体座孔的配合；与滚动轴承内孔相配的轴应选用基孔制配合，即轴的公差带选用 ϕ30k6；而与滚动轴承外圆相配的箱体座孔则应选用基轴制，即该座孔公差带选用 ϕ62J7。

4）为满足特殊配合需要，允许将任一孔与轴的公差带组成配合（称为混合配合）。

图 47 所示为轴承盖与箱体座孔之间的配合。因为与滚动轴承外圆相配合的座孔，已由标准件滚动轴承确定为基轴制配合 ϕ62J7/h6，该孔公差带已确定为 J7，而轴承盖与座孔间要求间隙配合，以便于拆装。如其仍选用基轴制的基准轴公差带，其配

合性能不能满足使用要求，故选用 ϕ62J7/f9 混合配合。

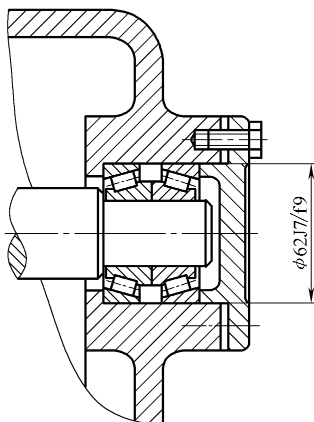


图47　混合配合

60. 公差等级的选择原则是什么？

答：公差等级的高低直接影响着产品性能和加工的经济性。公差等级过低，产品质量得不到保证；公差等级过高，将增加加工难度，使成本增加。这样都不利于综合经济效益的提高。选择公差等级时，必须正确处理使用要求、制造工艺和成本之间的关系。因此，选择公差等级的基本原则是：在满足使用要求的前提下，尽量选取低的公差等级。

1）首先要充分满足使用要求。也就是说使装配后的零件，能够达到所要求的配合精度，能保证机器的使用性能。

各等级标准公差的应用范围没有严格的界线，通常是参考从生产中总结出来的经验资料，用类比法选择公差等级。一般选择应用范围如下。

IT01～IT1 相当于量块的1～3级精度工作尺寸的公差。

IT1～IT7 用于检查 IT5～IT16 零件所用量规的尺寸公差。

IT2～IT13 用于配合尺寸公差，具体分别用于以下各类零件。

IT2～IT5 用于特别精密零件的配合，如精密机床主轴与轴承。发动机活塞销与连杆衬套孔、活塞座孔之间配合一般采用



IT4～IT5。

轴 IT6 和孔 IT7 用于重要配合，在机器制造业中应用最广泛，如普通机床的传动齿轮与轴、轴与轴承，内燃机主轴与轴承、活塞与气缸、气门杆与导套，与滚动轴承相配合的箱体座孔和轴颈等配合尺寸。

IT7～IT8 用于中等精度要求的配合，如通用机械的滑动轴承与轴颈的配合，普通机床和内燃机上的一般配合，重型机械、农业机械和机车车辆等工作机械的重要配合处。

IT9～IT10 用于一般精度要求的配合，或长度尺寸精度要求较高的配合，如普通平键的键宽与键槽的配合。

IT11～IT13 用于不重要的配合，各种机械上没有工作要求、仅为便于联接的配合尺寸，如螺栓和螺栓孔间的配合。

IT12～IT18 用于非配合尺寸。标准中规定为一般公差精度（64 题），即未注公差的尺寸精度要求。

原材料的尺寸公差一般在 IT8～IT14 范围内。

2）根据孔和轴加工难易应相同的原则，对间隙配合和过渡配合，孔的公差等级高于或等于 IT8 时，孔的加工难度比轴的大，故轴比孔的精度应高一级，如 H8/f7；而孔的公差等级低于 IT8 时，孔和轴的公差等级应取同一级，如 H9/d9。对过盈配合，孔的公差等级高于或等于 IT7 时，轴应比孔高一级，如 H7/p6；而孔的公差等级低于 IT7 时，孔和轴的公差等级应取同一级，如 H8/n8。

3）在满足功能要求前提下，考虑工艺的可能性和经济性，应尽量选用低的公差等级。如图 47 所示，箱体座孔与轴承盖的配合要求大间隙配合，且配合公差很大。因座孔的公差等级已由滚动轴承的精度等级决定，且精度较高。要满足上述座孔与轴承盖的使用要求，完全可以将轴承盖的公差等级比座孔的降低 2～3 级，以利降低加工成本。

为便于实际工作中选择加工精度，表 24 中给出各种加工方法所能达到的加工精度，表 25 则列出加工精度与加工成本



表 24　各种加工方法所能达到的加工精度

加工方法	IT 等级																	
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
研磨	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲											
珩磨						▲	▲	▲	▲									
磨削							▲	▲	▲	▲								
金刚石车或镗							▲	▲	▲									
拉削							▲	▲	▲	▲	▲	▲						
铰孔								▲	▲	▲								
车削									▲	▲	▲	▲	▲					
镗削									▲	▲	▲	▲	▲					
铣削										▲	▲	▲	▲					
刨插												▲	▲					
钻孔												▲	▲	▲	▲			
滚压、挤压												▲	▲					
冲压												▲	▲	▲	▲	▲		
压铸													▲	▲	▲	▲		
粉末冶金成形								▲	▲	▲								
粉末冶金烧结									▲	▲	▲	▲						
砂型铸造、气割																		▲
锻造																	▲	

表 25　加工精度与加工成本的比较

加工方法		IT 等级																	
		01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
外径	卧式车床车削								▲	▲	▲	◭	◭	◭	△	△	△		
	转塔车床车削									▲	▲	◭	◭	◭	△	△	△		
	自动车床车削									▲	▲	◭	◭	◭	△	△			
	外圆磨					▲	▲	◭	◭	△	△								
	无心磨							▲	◭	◭	◭	△	△						
内径	卧式车床车削								▲	▲	▲	◭	◭	◭	△	△	△		
	转塔车床车削										▲	▲	◭	◭	△	△	△		
	自动车床车削										▲	▲	◭	◭	△	△			
	钻削												▲	▲	◭	◭	△		
	铰削									▲	▲	◭	◭	△	△				
	镗削									▲	▲	◭	◭	△	△				
	精镗						▲	▲	◭	◭	△	△							
	内圆磨						▲	▲	◭	◭	△	△							
	研磨				▲	▲	◭	◭	△	△									
长度	卧式车床车削									▲	▲	▲	◭	◭	◭	△	△	△	
	转塔车床车削										▲	▲	◭	◭	◭	△	△		
	自动车床车削										▲	▲	◭	◭	◭	△	△		
	铣									▲	▲	▲	◭	◭	◭	△	△		

注：▲∶◭∶△ ＝5∶2.5∶1。



的比较。由表24和表25中可以看出，每级精度的提高，都会增加加工难度，且使加工成本成倍增加。特别是对高精度要求更为明显，在选用公差等级时应特别慎重。

61. 配合的选择原则是什么？

答： 标准中规定有间隙配合、过渡配合和过盈配合三大类。机械产品设计中应选用哪类配合，主要取决于它的功能要求。每类配合都具有各自不同的特性，所以应用范围也不相同。如具有相对运动的两配合件间，必须选用间隙配合；若两零件通过配合传递一定转矩时，则应选用过盈配合；若两零件装配后要求具有较高的同轴度，且无相对运动，又要便于装拆时，则应选用过渡配合。

在各类配合中，又有多种不同的公差带位置，在配合中所产生的间隙或过盈量的大小也不一样。机器的性能和质量很大程度上取决于零部件间所选配合是否合理。

选择配合的原则如下。

1）根据零件的功能要求，依据各种基本偏差的配合特点来选择配合。

由前述基准制和公差等级的选择，确定了基准孔（或基准轴）的公差带，以及相应的非基准轴（或孔）的公差带大小。因此选择配合种类就是确定非基准轴（或孔）的公差带位置，也就是选择非基准轴（或孔）的基本偏差。

选择配合种类，首先必须掌握各种配合的特征，并了解各种配合的应用实例，再考虑具体情况来确定配合种类。

当采用基孔制时，应通过选择不同的轴的基本偏差来取得所需配合性能。表26给出了轴的基本偏差选用说明。

当采用基轴制时，应通过选择不同的孔的基本偏差来取得所需配合性能。孔的基本偏差选用时，可参照表26中与其对应的基本偏差（如A对a）进行选择。

2）选择配合时，应根据零件所需要的配合间隙或过盈量大小，来确定基本偏差。



表 26　轴的基本偏差选用说明

配合	基本偏差	配合特性及应用
间隙配合	a、b	可得到特别大的间隙,应用很少,主要用于工作时温度高、热变形大零件的配合,如发动机中活塞与气缸套的配合为 H9/a9
	c	可得到很大的间隙,一般用于工作条件较差(如农业机械)、工作时受力变形大及装配工艺性不好,必须保证有较大间隙时,推荐配合为 H11/c11;也适用于高温工作的间隙配合,如内燃机排气门与气门导管的配合为 H8/c7
	d	一般用于 IT7 ~ IT11 级,适用于松动的转动配合,如滑轮、空转带轮与轴的配合;也适用大尺寸滑动轴承与轴的配合,如汽轮机,球磨机及其他重型机械中的滑动轴承。活塞环槽与活塞环的配合可选用 H9/d9
	e	多用于 IT6 ~ IT9 级,具有明显的间隙,适用于易于转动的轴承配合,如大跨距、多支点转轴与轴承配合。高公差等级的 e 轴适用于高速、重载、大尺寸轴与轴承的配合,如涡轮发电机、大型电动机、内燃机主要轴承等的配合
	f	多用于 IT6 ~ IT8 级的一般转动配合,受温度影响不大,工作中采用普通润滑油润滑的轴与滑动轴承的配合,如齿轮箱、小电机、泵的转轴与滑动轴承的配合为 H7/f6
	g	多用于 IT5 ~ IT7 级的较小间隙配合,适合于不回转的精密滑动配合,或轻载精度装置中的转动配合,如插销的定位配合,滑阀、连杆销等处的配合
	h	多用于 IT4 ~ IT11 级的无相对转动的配合和一般的定位配合。若没有温度、变形的影响,也可用于精密滑动配合,如车床尾座孔与滑动套筒的配合为 H6/h5
过渡配合	js	多用于 IT4 ~ IT7 级具有平均间隙的过渡配合或略有过盈的定位配合,如联轴器、齿圈与轮毂的配合。滚动轴承外圈与箱体孔的配合多用 js7。一般用手或木槌装配
	k	多用于 IT4 ~ IT7 级平均间隙接近零的配合,用作定位配合,如滚动轴承的内、外圈分别与轴颈、箱体孔间的配合,用木槌装配
	m	多用于 IT4 ~ IT7 级平均过盈量较小的配合,用于精密定位的配合,如蜗轮的青铜轮缘与轮毂的配合为 H7/m6,要求相当的压入力
	n	多用于 IT4 ~ IT7 级平均过盈量较大的配合,很少形成间隙。用于加键传递较大转矩的配合,如压力机上齿轮与轴的配合。用锤子或压力机装配

（续）

配合	基本偏差	配合特性及应用
过盈配合	p	用于小过盈配合，与H6或H7的孔形成过盈配合，而与H8的孔形成过渡配合。对碳钢与铸铁或铜与钢制零件形成标准压入配合。如卷扬机的绳轮与齿圈的配合为H7/p6。合金钢制零件需要小过盈量配合时可选用p。对非铁类零件，为较轻压入配合
	r	对铁类零件为中等打入配合，对非铁类零件为轻打入配合，需要时可以拆卸。常用于传递大转矩或冲击负荷需要加键的配合，如蜗轮与轴的配合为H7/r6 与H8孔配合，直径在100mm以上时为过盈配合，直径小时为过渡配合
	s	用于钢和铸铁零件永久性和半永久性结合，可产生相当大的结合力，如套环压装在轴上，阀座上的配合选用H7/s6。当用轻合金等弹性材料时，配合性质与铁类零件的p轴相当
	t	过盈量较大的配合，用于钢和铸铁制零件永久性结合，不用键可以传递转矩，如联轴器与轴的配合为H7/t6，需用热胀或冷缩法装配
	u	用于大过盈配合，最大过盈需验算，如火车轮毂与轴的配合为H6/u5，用热胀或冷缩法进行装配
	v、x y、z	用于特大过盈配合，目前使用经验和资料很少，须经试验后才能应用，一般不推荐

对间隙配合，由于基本偏差的绝对值等于最小间隙，所以应按所需配合的最小间隙要求来确定基本偏差。

对过盈配合，在确定了基准件的公差等级后，就可按所需最小过盈量来选取配合件的基本偏差。

3）选择配合时，应按标准规定，首先采用优先配合，其次再采用常用配合。优先配合选用说明，见表27。当优先、常用配合规定范围内不能满足使用要求时，可按标准中规定的孔、轴公差带组成配合。

表27　优先配合选用说明

基孔制	基轴制	配合特性及应用
$\frac{H11}{c11}$	$\frac{C11}{h11}$	间隙非常大，用于很松、速度很慢的转动配合，要求大公差与大间隙的外露组件，以及要求装配方便得很松的配合
$\frac{H9}{d9}$	$\frac{D9}{h9}$	间隙很大的自由转动配合，用于精度非主要要求时，或温度变动大、转速高或轴颈压力大的情况



（续）

基孔制	基轴制	配合特性及应用
$\frac{H8}{f7}$	$\frac{F8}{h7}$	间隙不太大的间隙配合，用于中等转速与中等轴颈压力的精确转动，或较易装配的中等定位配合，如齿轮箱、小电机和泵等的转轴与滑动轴承的配合
$\frac{H7}{g6}$	$\frac{G7}{h6}$	间隙很小的滑动配合，用于无自由转动，可自由移动或滑动的精密定位，如精密连杆轴承，活塞与滑阀，连杆销等
$\frac{H7}{h6}$ $\frac{H8}{h7}$ $\frac{H9}{h9}$ $\frac{H11}{h11}$	$\frac{H7}{h6}$ $\frac{H8}{h7}$ $\frac{H9}{h9}$ $\frac{H11}{h11}$	间隙定位配合，用于零件可自由装拆，而工作时一般无相对运动的配合
$\frac{H7}{k6}$	$\frac{K7}{h6}$	过渡配合，用于精密定位
$\frac{H7}{n6}$	$\frac{N7}{h6}$	过渡配合，用于允许有较大过盈的更精密定位
$\frac{H7}{p6}$	$\frac{P7}{h6}$	过盈定位配合，即小过盈配合，用于定位精度特别重要时，能以最好的定位精度达到部件的刚性及对中性要求，而对内孔承受压力无特殊要求、不依靠配合的紧固性传递摩擦负荷
$\frac{H7}{s6}$	$\frac{S7}{h6}$	中等压入配合，适用于一般钢件，或用于薄壁件的冷缩配合，用于铸铁件可得到最紧的配合
$\frac{H7}{u6}$	$\frac{U7}{h6}$	较大压入配合，适用于可以承受高压力的零件或依靠装配结合力传递一定负荷的零件

4）选择配合时还应考虑以下几方面因素的影响。

① 使用环境温度的影响。标准中规定的配合值，均指在标准温度（+20℃）下的测量值。而机器工作时的温度，一般都偏离标准温度，因此，工作时的实际间隙或过盈与标准值不同，选择配合时应予以考虑。

② 配合件材料性能的影响。由于各种材料的许用应力、线胀系数等物理性能不同，在实际工作过程中，可能因温度变化受线胀系数不同的影响而改变了原配合状态。也会因材料强度低，承受不了过大的过盈力作用而损坏。

③ 配合长度的影响。孔、轴配合长度与直径的比值一般应小于或等于1.5，如过大则应考虑几何误差的影响。

④ 配合表面的表面粗糙度的影响。一般配合表面在一定尺寸精度下，应有相应的表面粗糙度要求（89题）。由于在工作中相配零件表面因摩擦或挤压作用，使配合表面原配合状态发生变化。

62. 选用配合常用哪些方法？

答：选用配合常用的方法有四种。

（1）计算法　根据机械设计的理论和计算方法，计算出所需的间隙或过盈量。如间隙配合中的滑动轴承，通常采用流体润滑理论计算出滑动轴承处于液体摩擦状态时所需要的间隙。根据计算结果，选择适宜的配合。又如过盈配合，可按弹性变形理论，计算出所需要的最小过盈量，按其计算结果，选用适宜的过盈配合，并应验算其在最大过盈状态下，是否会使零件损坏。

由于影响配合间隙或过盈量的因素很多，按理论计算所得的结果都是近似的，所以实际应用时还需要通过试验来验证。

（2）试验法　对产品性能影响很大的一些配合，往往都是通过试验来确定机器工作性能最佳状态时的间隙或过盈量，如内燃机活塞与气缸套间的配合间隙。采用试验法确定配合较为可靠，但往往需要进行大量、反复试验，方可得到正确的结论，故所需成本较高。

（3）类比法　按同类机器或机构中，经过实践验证使用效果较好的配合。在新设计中可考虑使用情况的差异，参照原配合确定所需要的配合。

类比法是生产中常用的一种选择配合的方法。运用这一方法必须积累丰富的实践经验，并认真分析机器或机构的功用和工作条件的差异等，然后根据各种配合的特性进行选择。

（4）标准法　各种机械中有很多典型结构的配合（如平键联结）及选用标准件的配合（如滚动轴承），在有关标准中均已给出相应配合要求，应用时必须按照标准规定选择适当的配合。



63. 哪些情况下图样上的尺寸可以不标注公差？

答：根据零件的功能要求，在图样上给出必要的尺寸公差，但并不是对所有尺寸都必须注出尺寸公差。为了更加明确加工精度的要求，保持图样清晰，便于加工工艺统一，通常在下列情况下不必标注尺寸公差。

1）对所有非配合尺寸，如果没有特殊要求时，可以不标注尺寸公差，如轴的长度、箱体外形等。因为这些尺寸没有与其他件的配合关系，其实际尺寸即使产生较大偏差，也不会影响使用。

2）对一些由工艺方法可以保证的尺寸，也可以不标注公差，如由冲模决定的冲压件尺寸、由木模所决定的铸造表面尺寸等。这些尺寸只要按技术要求制作准确，加工出来的零件尺寸便可控制在一定范围内。由此，上述这类尺寸也不必再注出公差。

3）为了简化制图，保持图面清晰，凡在有关技术文件中有统一加工精度要求的尺寸，及对零件使用功能无影响的非重要尺寸，均可不标注尺寸公差，如螺栓孔等。

应当指出：虽然图样上有些尺寸没有标注尺寸公差，并不意味着这些尺寸可以随意变动，不受任何限制，而只是表明这些尺寸没有必要控制严格的变动范围，但仍有较低精度的公差控制要求，这就是我们通常所说的未注公差尺寸的要求。

64. 什么是一般公差？怎样确定一般公差的极限偏差？

答：如上所述，图样上一些精度要求很低的非配合尺寸，通常均不标注公差。这些在图样上仅给出公称尺寸而不标注公差的尺寸，称为未注公差的尺寸。

一般公差是指在车间一般加工条件下可保证的公差。采用一般公差的尺寸，在该尺寸后不注出极限偏差要求，通常是在技术文件或标注中做出统一规定。

在标准中，线性尺寸的一般公差规定了四个公差等级，见表28。倒圆半径与倒角高度尺寸的一般公差也规定有四个等级，见表29。

表 28　线性尺寸的极限偏差数值　（单位：mm）

公差等级	尺寸分段							
	0.5～3	>3～6	>6～30	>30～120	>120～400	>400～1000	>1000～2000	>2000～4000
f(精密级)	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	
m(中等级)	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
e(粗糙级)	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4
v(最粗级)		±0.5	±1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8

表 29　倒圆半径与倒角高度尺寸的极限偏差数值

（单位：mm）

公差等级	尺寸分段			
	0.5～3	>3～6	>6～30	>30
f(精密级)	±0.2	±0.5	±1	±2
m(中等级)				
e(粗糙级)	±0.4	±1	±2	±4
v(最粗级)				

注：倒圆半径与倒角高度的含义参见国家标准 GB/T 6403.4《零件倒圆与倒角》。

标准中规定：图样上线性尺寸的未注公差，应考虑车间的一般加工精度，选取国家标准规定的公差等级，由相应的技术文件或标准做出具体规定。

一般公差在图样上、技术文件或标准中的表示方法是：用国家标准号（GB/T 1804）和公差等级符号，且在两者之间用短线相连来表示。例如，选用中等级时，表示为

GB/T 1804-m

65. 一般公差适用范围如何？它对生产有何重要意义？

答：线性尺寸的一般公差主要应用于较低精度的非配合尺寸。当零件的功能要求所允许的公差等于或大于一般公差时，均应采用一般公差。只有当要素的功能所允许的公差虽比一般公差还要大，而该公差又比一般公差经济时（如装配时所钻的不通孔），此时应将相应的极限偏差注在公称尺寸后面。

一般公差适用于金属切削加工的非配合尺寸，也适用于一般的冲压加工尺寸。非金属材料和其他工艺方法加工的尺寸可参照采用。



线性尺寸的一般公差是在车间一般工艺条件下，机床设备一般加工能力可保证的公差。在正常维护和操作情况下，它代表经济加工精度。

线性尺寸的一般公差等级，基本在标准公差 IT12 ~ IT18 范围内。在一般生产条件下，粗车加工可达 f（精密级），冷轧可达 f ~ m（精密级或中等级），金属模或硬模铸造可达 m ~ e（中等级或粗糙级），模锻可达 e（粗糙级），砂型铸造可达 e ~ v（粗糙级或最粗级）。实际应用中，各企业可根据有关专业标准规定和本企业具体情况，通过有关技术文件做出统一规定。

当两个表面分别由不同类型的工艺（如切削和铸造）加工时，它们之间线性尺寸的一般公差，应按规定的两个一般公差中数值较大的来确定。

采用一般公差的尺寸，在正常车间加工精度保证的条件下，一般可不检验。

一般公差在生产上具有重要作用。我们知道，零件上要素的尺寸、形状和要素之间的位置精度要求，取决于它们的功能。无功能的要素是不存在的。因此，零件在图样上表达的所有要素都有一定的公差要求。为了突出体现对精度要求较高的要素，图样上均标注出公差要求。对无特殊要求的要素，则采用一般公差，不必再在图样上一一标注，而是在技术文件上做出统一规定。

应用一般公差给生产带来诸多好处。

1）简化制图，使图样清晰易读。

2）节省图样设计时间。设计人员只要熟悉和应用一般公差的规定，可不必逐一考虑其公差值。

3）明确了哪些要素可由一般工艺水平保证，可简化对这些要素的检验要求，而有利于质量管理。

4）突出了图样上注出公差的要素，这些要素大多是重要的且需要严格控制的，以便在加工和检验时引起重视。

5）由于明确了图样上要素的一般公差要求，便于供需双方达成加工和销售合同协议，交货时也可避免不必要的争议。

66. 什么是配制配合？它有什么特点？

答： 在相配合的两个零件中，以其中一个零件的实际尺寸为基数，按照给定的配合公差要求，来配制另一个零件的一种工艺措施，称为配制配合。

由生产实践可知：公称尺寸大于500mm的零件，按照标准规定的极限与配合生产时，由于受加工、检测等方面条件和技术水平的限制，很难达到要求。因为按照极限与配合制的规定，在规定的公差范围内，相配合的孔与轴各自只能占有一半的变动量，再加上大零件加工较困难，难以加工出给定极限范围内的合格零件，也就难以实现预定的配合要求。

为了解决这一困难，并考虑到大尺寸零件多为单件或小批生产这一特点，除采用前述互换性生产外，还可以采用配制配合的方法。具体做法是：先取相配合的两个零件中加工难度较大的一个件，按照公差等级很低的尺寸公差要求（如采用“一般公差”）先加工好，并精确地测出它的实际尺寸，该零件称为先加工件；然后再以先加工件的实际尺寸作为公称尺寸，按其功能要求并依照标准中规定选取配合公差（极限间隙或极限过盈），以此确定与其相配零件的基本偏差和极限尺寸，该零件称为配制件。这样不仅可以保证配合要求，而且还保持着配合公差的标准化，给生产带来极大方便。

配制配合是建立在配合公差标准化基础上的，它的特点如下。

1）在保证产品使用要求的前提下，可以大大提高制造的经济性。因为它将配合公差全部放到配制件上，公差可以扩大近一倍，而且还保证其配合性能不变。

2）对于大尺寸零件，由于多是单件或小批生产，生产中一般不采用定值刀具和量具。因此，在采用互换性生产难以实现的情况下，采用配制配合则较容易实现其配合要求。

3）采用配制配合可以使公称尺寸大于500mm的配合件获得较高的配合精度，以满足一些大型精密机械的需要。



4）配制配合只能保证配合公差（极限间隙或极限过盈）的标准化，故不能互换。因此，配制配合仅限用于公称尺寸大于500mm，配合精度要求较高，且为单件或小批生产的产品，或机械设备维修工作中。

配制配合特别强调测量对保证配合性质的重要作用，为此提出：采用配制配合的零件，应在同一车间加工，使用同一基准装置，并由同一组计量人员进行测量等措施，确保配制配合的产品质量。

67. 对配制配合零件有哪些要求？

答：采用配制配合的零件应满足以下要求。

1）先按互换性要求选取配合，必须符合极限与配合标准中所规定的配合公差。配制的结果应满足此配合公差要求。

2）采用配制配合的两个零件中，一般应选择比较难加工，但能得到较高测量精度的零件作为先加工件（多数情况下是孔）。给它一个容易达到的公差或按一般公差要求加工。

3）配制件（多数情况下是轴）的公差应按所确定的配合公差来确定。配制件的极限尺寸应以先加工件的实际尺寸为基数来确定。

4）配制配合是对零件极限尺寸的技术规定，不涉及其他技术要求。如零件的几何公差、表面粗糙度等要求，不应因采用配制配合而降低。

5）先加工件实际尺寸的测量，对保证配合性质有很大关系。测量时，应注意测量温度、零件的几何误差等对测量结果的影响。配制配合应采用尺寸相互比较的测量方法：在同样环境条件下，使用同一基准装置或校对量具，由同一组计量人员进行测量，以提高测量准确性。

68. 配制配合在图样上如何标注？怎样确定配制件的极限尺寸？

答：在产品的装配图和零件图上，用代号“MF”表示配制配合，并借用基准孔代号 H 和基轴制代号 h，表示先加工件。

当采用配制配合时，其装配图上应在配合要素的公称尺寸右

侧标注所选用的标准配合代号，并加注“MF”字样。

如　　ϕ3000H6/f6 MF（先加工件为孔）

　　　ϕ3000F6/h6 MF（先加工件为轴）

如上例所述，先加工件为孔时，其标准配合应选用基孔制；先加工件为轴时，则标准配合应选用基轴制。

采用配制配合的两配合零件的图样上则采用不同的标注方法。

在先加工件零件图上，可选择一个较容易达到的公差，在公称尺寸右侧注出该公差带代号（若按“一般公差”加工时，可不标注公差带代号）。然后，在其右侧注出“MF”代号。

如上例中以孔为先加工件时，可选用H8公差带，该零件图样上标注为

ϕ3000H8 MF

若选用“一般公差”时，则标注为

ϕ3000 MF

在配制件零件图上，则应按已确定的配合公差选取与其相应的配制件公差带（69题），并按该公差带代号或其极限偏差方式注出，并在其右侧加注“MF”代号。

如上例中以轴作为配制件时，按已选定的配合范围，从轴的极限偏差表中选择在此范围内相对应的轴公差带代号，上例中可选f7（69题），该公差带上极限偏差为−0.145mm，下极限偏差为−0.355mm，故该轴（配制件）在零件图上标注为

ϕ3000f7 MF

或　　$\phi 3000^{-0.145}_{-0.355}$ MF

应当指出：在配制配合中，配制件的极限尺寸不是以图样上给出的公称尺寸为基准，而是以先加工件的实际尺寸为基准。

69. 怎样选用配制配合？

答：生产中应根据零件的功能要求和加工工艺来确定是否选用配制配合。下面举例说明配制配合的选用方法和步骤。

例　生产中需加工一公称尺寸为1500mm相配合的孔和轴，



根据其功能需要应选用过盈配合，其最大过盈量0.20mm，最小过盈量0.05mm。

该配合件的尺寸较大，配合精度较高，且为单件生产，故适于选用配制配合。

1）首先确定满足上述配合要求的互换性配合代号。由标准中孔、轴公差带可以查得，选用 ϕ1500H6/p6 或 P6/h6 配合公差带时，其最大过盈量为0.218mm，最小过盈量为0.062mm，基本满足给定要求。

根据工艺条件可以选定以孔作为先加工件，所以该配合件装配图上应标注为

$$\phi1500\text{H6/p6 MF}$$

2）给出先加工件孔一个容易达到的公差要求，如选用 H9 公差带（即其极限尺寸为 $\phi1500^{+0.310}_{0}$mm）。

该先加工件在其零件图上则应标注为

$$\phi1500\text{H9 MF}$$

3）确定配制件的公差带。配制件轴应根据给定的配合公差要求，以孔的实际尺寸为公称尺寸选定一个相应的公差带。上例中由轴的极限偏差表中查得，选用 ϕ1500n7 公差带时，其最大过盈为0.203mm，最小过盈为0.078mm，该过盈量在给定的范围内。

该配制件轴在零件图上应标注为：

$$\phi1500\text{n7 MF}$$

或

$$\phi1500^{+0.203}_{+0.078}\ \text{MF}$$

4）根据上述图样中配制配合的要求，生产中应先按 ϕ1500H9 的要求，较容易地先加工出孔来，并精确地测出其实际尺寸。如测得孔的实际尺寸为 ϕ1500.180mm，该测得值即为配制件轴的公称尺寸。根据上述配制轴所选定的极限偏差，计算得该轴的极限尺寸为

上极限尺寸 = 1500.180mm + 0.203mm = 1500.383mm

下极限尺寸 = 1500.180mm + 0.078mm = 1500.258mm

加工配制件轴时，其实际尺寸只要控制在上述两极限尺寸范围内，便可满足给定的配合要求。

由上例可以看出：若按互换性配合 $\phi1500H6/p6$ 生产时，其孔与轴的公差均为 IT6（即 0.078mm），而采用上述配制配合加工时，孔的公差为 0.310mm，轴的公差为 0.125mm，均大大超出互换性公差。由此可见，配制配合给生产带来很大方便。

公 差 原 则

70. 什么是公差原则？它对生产有何重要意义？

答：公差原则是确定几何公差和尺寸公差之间相互关系的规定。

如前所述，一个完工零件不仅存在有尺寸偏差，同时还会有几何误差。这些偏差和误差的综合结果，对零件的功能产生着直接影响。例如，孔 $\phi20H7\left(\begin{smallmatrix}+0.021\\0\end{smallmatrix}\right)$ 和轴 $\phi20h6\left(\begin{smallmatrix}0\\-0.013\end{smallmatrix}\right)$ 的配合为最小间隙为零的间隙配合。若加工后孔和轴的实际尺寸处处都为 $\phi20$mm，且具有正确形状，此时这对孔和轴处于“零碰零”的配合状态（图 48a）。

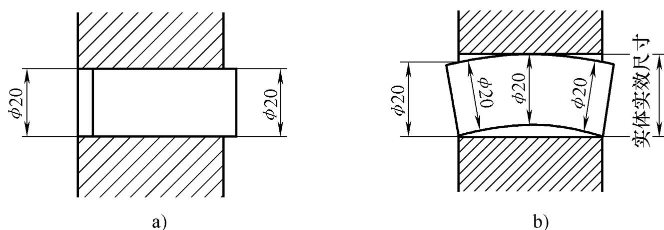


图 48　实际尺寸和形状误差的综合影响

若加工后孔的实际尺寸仍处处为 $\phi20$mm，且具有正确形状；而轴的实际尺寸虽也处处为 $\phi20$mm，但其轴线存在有直线度误差。此时，这对孔和轴配合就不再是“零碰零”状态，而是产生过盈（图 48b）。

由此可见，零件的配合性能，不能单从零件的实际尺寸的大小来判定，而应根据实际尺寸和形状误差的综合影响来判断。因此，为真实地满足零件配合功能要求，生产中就应正确地确定几何公差与尺寸公差之间相互影响作用，并给出相应要求。为此，标准中规定了公差原则，以便在设计制图和制订有关技术文件

时，根据零件的功能要求，按标准规定来确定几何公差与尺寸公差之间的关系。

《公差原则》标准中规定了独立原则和相关要求两大准则，生产中应视零件的不同功能要求，分不同情况在图样上按标准规定的标注方法表示出来。

71. 什么是几何公差？它对生产有何重要意义？

答：形状公差和方向、位置、跳动公差简称为几何公差。它是对构成零件的各要素形状和相互位置准确性的控制要求。

任何一种机械零件都是由若干具有几何特征的点、线、面所构成（称为理想要素）。而加工生产出的零件实际存在的要素（称为实际要素），总要偏离理想要素产生误差。它将影响机械产品使用性能，为此生产中应给出几何公差要求。

形状公差是指单一实际要素所允许的变动全量。方向、位置和跳动公差是指关联实际要素的位置对基准所允许的变动全量。

几何公差对机械产品具有重大作用。零件在加工过程中会产生或大或小的几何误差。它们会直接影响机器、仪器仪表、刀具、量具等各种机械产品的工作精度、连接强度、运动平稳性、密封性、耐磨性和使用寿命等，甚至还与机器在工作时产生的噪声有关。因此，为了保证产品质量，保证零部件的互换性，必须给定几何公差要求，以限制几何误差。

72. 几何公差包括哪些项目？图样上怎样表示几何公差要求？

答：几何公差分为四种公差类型，即形状公差、方向公差、位置公差和跳动公差。按各类公差的几何特征，形状公差可分为直线度、平面度、圆度、圆柱度、线轮廓度和面轮廓度；方向公差可分为平行度、垂直度、倾斜度、线轮廓度和面轮廓度；位置公差可分为位置度、同心度、同轴度、对称度、线轮廓度和面轮廓度；跳动公差可分为圆跳动和全跳动。其中，线轮廓度、面轮廓度按有无基准和被测要素对基准的方向或位置关系，可归属于形状公差、方向公差和位置公差。

几何公差每一项目都规定了专用符号，见表30。



在技术图样中，几何公差应采用代号标注。当无法采用代号标注时，允许在技术要求中用文字说明。

表 30　几何公差的分类、特征项目及符号

公差类型	特征项目	符号	有无基准
形状公差	直线度	⏤	无
	平面度	▱	无
	圆度	○	无
	圆柱度	⌭	无
	线轮廓度	⌒	无
	面轮廓度	⌓	无
方向公差	平行度	//	有
	垂直度	⊥	有
	倾斜度	∠	有
	线轮廓度	⌒	有
	面轮廓度	⌓	有
位置公差	位置度	⌖	有或无
	同心度（用于中心点）	◎	有
	同轴度（用于轴线）	◎	有
	对称度	⌯	有
	线轮廓度	⌒	有
	面轮廓度	⌓	有
跳动公差	圆跳动	↗	有
	全跳动	⌰	有

几何公差代号包括几何公差有关项目的符号、几何公差框格和指引线、几何公差数值和其他有关符号、基准符号等，如图 49 所示。

图 49a 为一形状公差标注示例。该公差框格分为两格：第一格内标注形状公差（直线度）项目符号；第二格内标注公差数值（ϕ0.03mm），数值后Ⓜ表示该项要求应遵守最大实体要求（78 题）。从框格一端引出指引线，指引线箭头指向$\phi45^{\ 0}_{-0.039}$mm 尺寸线处，表示该项要求被测要素为该轴的轴线。

图 49b 所示为一方向公差标注示例。该公差框格分为三格：

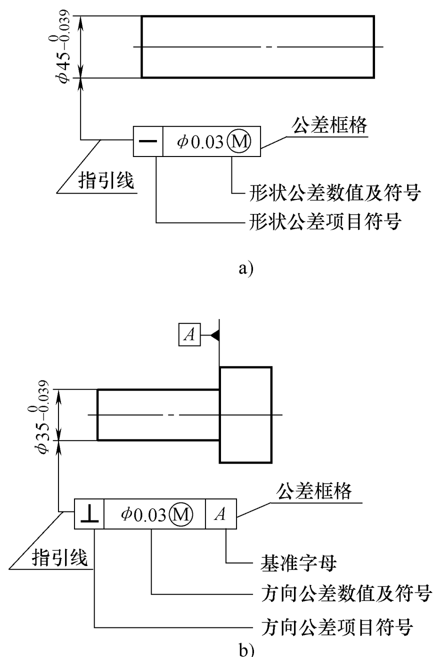


图49　几何公差标注

第一格内标注方向公差（垂直度）项目符号；第二格内标注公差数值（ϕ0.03mm），数值后Ⓜ表示该项要求应遵守最大实体要求（78题）；第三格内标注基准字母（A）。由框格一侧引出指引线，指引线箭头指向 $\phi35\ _{-0.039}^{\ \ 0}$ mm 尺寸线，表示该项要求被测要素为该轴的轴线。图样上还应用基准符号标注出基准要素位置。

73. 什么是最大实体状态？什么是最大实体边界？

答：提取组成要素的局部尺寸处处位于极限尺寸，且使其具有实体最大时的状态，即具有材料最多的状态，称为最大实体状态。

确定要素最大实体状态的尺寸，称为最大实体尺寸。对外尺寸要素（如轴、凸台等）的最大实体尺寸为上极限尺寸；对内



尺寸要素（如孔、槽等）的最大实体尺寸为下极限尺寸。

最大实体状态的理想形状的包容面，称为最大实体边界。

如图 50a 所示 $\phi50_{-0.05}^{-0.02}$mm 轴，最大实体尺寸为上极限尺寸 $\phi49.98$mm。该轴最大实体边界为以 $\phi49.98$mm 为直径的理想圆柱面（图 50c）。

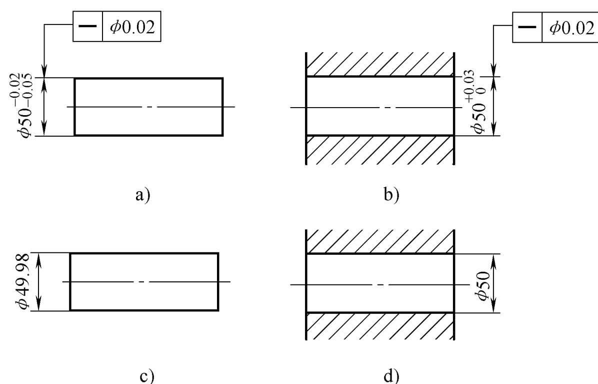


图 50　最大实体边界

又如图 50b 所示 $\phi50_{0}^{+0.030}$mm 孔，最大实体尺寸为下极限尺寸 $\phi50$mm。该孔最大实体边界为以 $\phi50$mm 为直径的理想圆柱面（图 50d）。

74. 什么是最小实体状态？什么是最小实体边界？

答：提取组成要素的局部尺寸处处位于极限尺寸，且使其具有实体最小时的状态，即具有材料最少的状态，称为最小实体状态。

确定要素最小实体状态的尺寸，称为最小实体尺寸。对外尺寸要素的最小实体尺寸为下极限尺寸；对内尺寸要素的最小实体尺寸为上极限尺寸。

最小实体状态的理想形状的包容面，称为最小实体边界。

如图 51a 所示 $\phi50_{-0.05}^{-0.02}$mm 轴，最小实体尺寸为下极限尺寸

ϕ49.95mm。该轴最小实体边界为以 ϕ49.95mm 为直径的理想圆柱面（图 51c）。

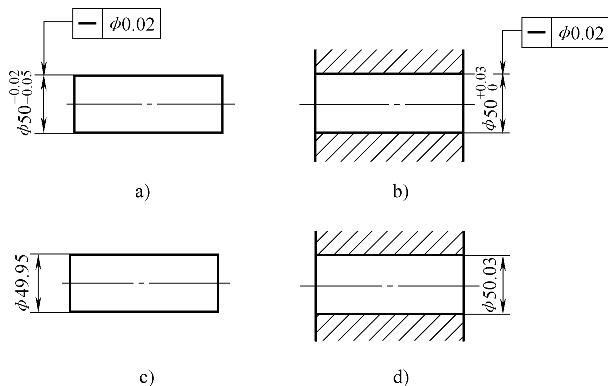


图 51　最小实体边界

又如图 51b 所示 $\phi50^{+0.03}_{0}$ mm 孔，最小实体尺寸为上极限尺寸 ϕ50.03mm。该孔最小实体边界为以 ϕ50.03mm 为直径的理想圆柱面（图 51d）。

75. 什么是最大实体实效状态？什么是最大实体实效边界？

答：拟合要素的尺寸为其最大实体实效尺寸时的状态，称为最大实体实效状态。所谓最大实体实效尺寸是指要素的最大实体尺寸与其导出要素的几何公差共同作用所产生的尺寸。其中：

对于外尺寸要素的最大实体实效尺寸 = 最大实体尺寸 + 几何公差

对于内尺寸要素的最大实体实效尺寸 = 最大实体尺寸 − 几何公差

最大实体实效状态对应的极限包容面，称为最大实体实效边界。

当几何公差是方向公差时，最大实体实效状态和最大实体实效边界受其方向所约束；当几何公差是位置公差时，最大实体实效状态和最大实体实效边界受其位置所约束。



如图 52a 所示 $\phi50_{-0.05}^{-0.02}$mm 轴，该轴轴线直线度公差为 $\phi0.02$mm，其最大实体实效尺寸应为 $\phi49.98$mm + $\phi0.02$mm = $\phi50$mm。该轴最大实体实效边界为以 $\phi50$mm 为直径的理想圆柱面（图 52c）。

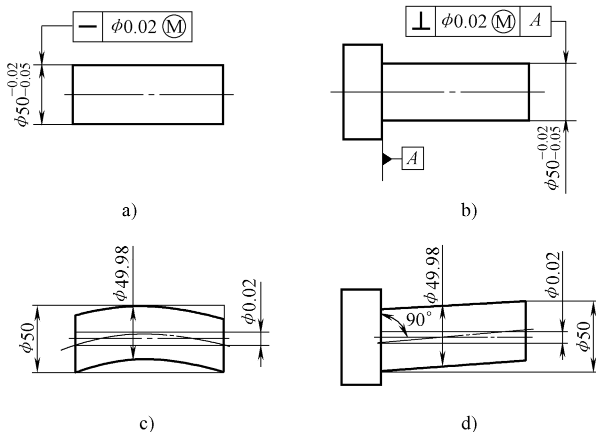


图 52　最大实体实效边界

又如图 52b 所示 $\phi50_{-0.05}^{-0.02}$mm 轴，该轴轴线对基准 A 垂直度（方向）公差为 $\phi0.02$mm，其最大实体实效尺寸应为 $\phi49.98$mm + $\phi0.02$mm = $\phi50$mm。该轴最大实体实效边界为轴线垂直于基准 A、直径为 $\phi50$mm 的理想圆柱面（图 52d）。

76. 什么是最小实体实效状态？什么是最小实体实效边界？

答：拟合要素的尺寸为其最小实体实效尺寸时的状态，称为最小实体实效状态。所谓最小实体实效尺寸是指尺寸要素的最小实体尺寸与其导出要素的几何公差共同作用产生的尺寸。其中：

对于外尺寸要素的最小实体实效尺寸 = 最小实体尺寸 − 几何公差

对于内尺寸要素的最小实体实效尺寸 = 最小实体尺寸 + 几何公差

最小实体实效状态对应的极限包容面，称为最小实体实效边界。

当几何公差是方向公差时，最小实体实效状态和最小实体实效边界受其方向所约束；当几何公差是位置公差时，最小实体实效状态和最小实体实效边界受其位置所约束。

如图 53a 所示 $\phi50_{-0.05}^{-0.02}$mm 轴，该轴轴线直线度公差为 $\phi0.02$mm，其最小实体实效尺寸应为 $\phi49.95\text{mm}-\phi0.02\text{mm}=\phi49.93\text{mm}$。该轴最小实体实效边界为以 $\phi49.93$mm 为直径的理想圆柱面（图 53c）。

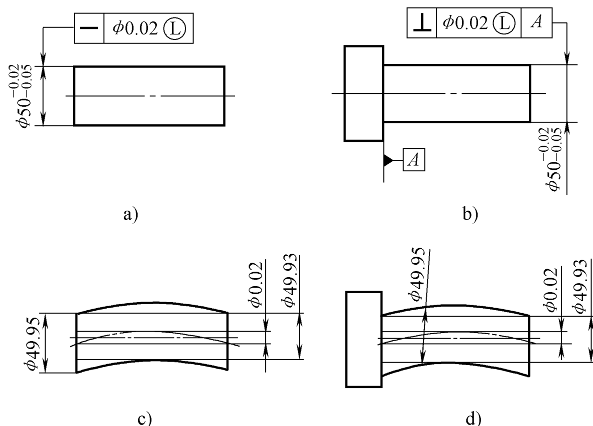


图 53　最小实体实效边界

又如图 53b 所示 $\phi50_{-0.05}^{-0.02}$mm 轴，该轴轴线对基准 A 垂直度（方向）公差为 $\phi0.02$mm，其最小实体实效尺寸为 $\phi49.95\text{mm}-\phi0.02\text{mm}=\phi49.93\text{mm}$。该轴最小实体实效边界为轴线垂直于基准面 A，直径为 $\phi49.93$mm 的理想圆柱面（图 53d）。

77. 什么是独立原则？独立原则应用范围如何？

答：独立原则是指图样上给定的每一个尺寸公差和几何公差要求均是独立的，应分别满足要求。

由于图样上给出的尺寸公差和几何公差绝大多数的要求是遵



守独立原则，故该原则是基本公差原则。凡是图样上给出的尺寸公差和几何公差未用特定符号或文字说明它们有联系者，均视为遵守独立原则。图 54 所示尺寸 $\phi50\ _{-0.025}^{\ \ 0}$ mm 及形状公差直线度 $\phi0.03$mm 和圆度 0.011mm，上述标注中均无特殊标记，故其加工、检验及验收均应遵循独立原则。

采用独立原则时，尺寸公差只控制要素实际尺寸的变动量，只要实际尺寸控制在给定的极限尺寸范围内即可，而与几何误差无关。同样，给出的几何公差只控制要素的几何误差，而与实际尺寸无关。

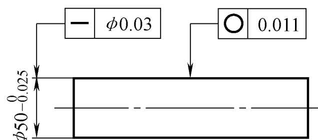


图 54　独立原则标注示例

如上所述，图 54 是按独立原则注出尺寸公差和形状公差。零件完工后，其实际尺寸只要控制在 $\phi49.975$mm ~ $\phi50$mm 范围内，且任一横截面的圆度误差不大于 0.011mm，轴线的直线度误差不大于 $\phi0.03$mm，即为合格。直线度公差和圆度公差与实际尺寸大小无关。

按独立原则标注的尺寸公差和几何公差要求的被测要素，其实际尺寸采用两点法测量，几何误差可采用通用量仪检测。

独立原则应用较广，常用于：

1）确保运动精度要求。如运动连杆机构中的各构件，其配合后的相对位置关系必须严格保证，否则会影响机构的运动轨迹。因此，各构件必须给出严格的几何公差要求，而这些要求不能随实际尺寸发生变化而改变，故应采用独立原则。

2）保证密封性要求。为了防止泄漏，对密封配合件的形状精度应给出严格要求。活塞在气缸内采用活塞环密封，其密封性是靠活塞环与气缸内壁严密配合保证的，若气缸套内孔形状误差过大，就直接影响其密封性而造成泄漏，故该配合件应给出采用独立原则的尺寸公差和几何公差要求。

3）获得最佳技术经济效益。如印刷机的滚筒，其功能要求

只要保持外表面具有精确的圆柱形便可保证印刷清晰，而其尺寸大小对其使用性能影响不大。为此，该零件对其外圆柱表面应按独立原则给出严格的圆柱度要求，而尺寸精度则可按一般公差要求，这样可获得最佳技术经济效益。

应当指出：在实际生产中，按独立原则给出尺寸公差和几何公差要求，一般是可以满足零件的功能需求，且生产中便于检测，故应用十分广泛。只有在采用相关要求具有明显优越性时，可考虑采用相关要求。

78. 什么是相关要求？相关要求包括哪些项目？

答：相关要求是指图样上给定的几何公差与尺寸公差相互有关的公差要求。

相关要求包括包容要求、最大实体要求、最小实体要求和可逆要求。

（1）包容要求　包容要求是指应用最大实体边界来限定被测要素的实体，要求该被测实体不得超越最大实体边界。该要求应用于圆柱面和由两平行平面组成的单一要素。

当按包容要求给出公差时，需要在尺寸的上、下极限偏差或尺寸公差带代号后面加注符号Ⓔ，如 $\phi40^{+0.018}_{+0.002}$Ⓔ、ϕ100H7Ⓔ、ϕ40k6Ⓔ、ϕ100H7（$^{+0.035}_{0}$）Ⓔ。

图样上按包容要求给出公差时，则要求被测要素不得超越最大实体尺寸，即孔的拟合组成要素应不小于孔的下极限尺寸；轴的拟合组成要素应不大于轴的上极限尺寸。

同时，被测要素的实际尺寸不得超越最小实体尺寸，即孔的实际尺寸应不大于其上极限尺寸；轴的实际尺寸应不小于其下极限尺寸。

由此可见，图样上按包容要求给出的尺寸公差具有双重职能，即综合控制被测要素的实际尺寸变动量和几何误差。若几何误差占用尺寸公差的百分比小些，则允许实际尺寸的变化范围大些；若实际尺寸处处均为最大实体尺寸时，则几何误差必须为零。



如图 55 所示，按包容要求给出小轴的尺寸公差 $\phi20_{-0.021}^{\ 0}$Ⓔ（图 55a）。按图样规定，小轴的实体不得超越边界尺寸为 ϕ20mm 的最大实体边界，即小轴的拟合组成要素应不大于 ϕ20mm 的最大实体尺寸；小轴的实际尺寸应不小于 ϕ19.979mm 的最小实体尺寸。当小轴处于最大实体状态时（图 55b），则不允许存在形状误差；当小轴处于最小实体状态时（图 55c），则允许轴线直线度误差可达 0.021mm。

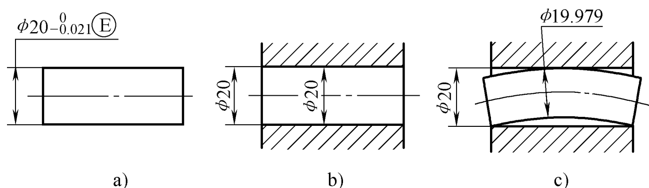


图 55　包容要求示例

生产中，要加工的被测要素处处实际尺寸保持绝对没有变动或使几何误差等于零是不可能的。因此，采用包容要求时的尺寸公差，总是一部分被实际尺寸占用，余下部分可被几何误差占用。

按包容要求标注的单一要素，应该用光滑极限量规检验。实际尺寸是否超越最小实体尺寸，则用两点法测量。

包容要求常用于有间隙配合要求的场合。如孔与轴要求间隙配合时，所需要的最小间隙可通过孔和轴各自遵守最大实体边界来保证，不会产生因孔和轴的形状误差影响出现过盈配合状况。

当尺寸公差和几何公差不要求按比例分配时，应用包容要求可以充分利用图样上给出的公差。但采用缩小尺寸公差来控制几何误差的办法是不可取的，这样会影响加工工艺性。

（2）最大实体要求　被测要素的实际轮廓应遵守最大实体实效边界，当其实际尺寸偏离最大实体尺寸时，允许几何误差值超出在最大实体状态下给出的公差值的一种要求，称为最大实体要求。

最大实体要求是一种尺寸公差与几何公差间的相关要求，当被

测要素或基准要素偏离其最大实体状态时，几何公差可获得补偿值。

最大实体要求适用于导出要素。采用最大实体要求时，在图样上应在导出要素的公差值后标注符号Ⓜ。

如图 56a 所示，公差框格内标注为 ϕ0. 1Ⓜ，其表示 $\phi20_{-0.3}^{\ 0}$ mm 轴轴线的直线度公差采用最大实体要求。该轴应满足以下要求。

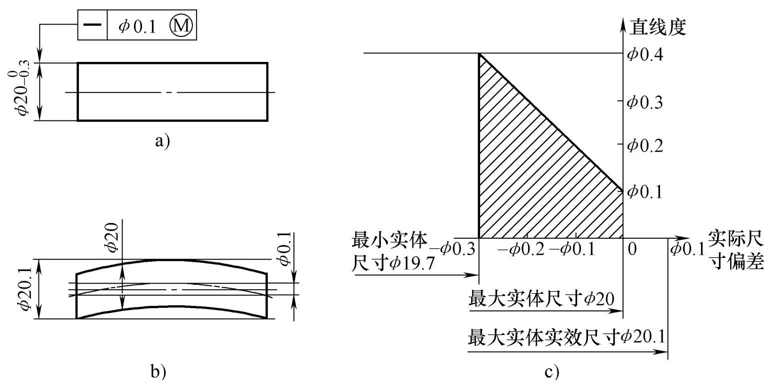


图 56　最大实体要求示例

1）轴的直径实际尺寸应为 ϕ19. 7 ~ ϕ20mm。

2）轴的实际轮廓不得超出最大实体实效边界，即其拟合组成要素不大于最大实体实效尺寸，即 ϕ20mm + ϕ0. 1mm = ϕ20. 1mm。

上述要求表示：当被测轴处于最大实体状态时，其轴线直线度公差为图样上给定的公差值 ϕ0. 1mm（图 56b）；当被测轴处于最小实体状态时，其轴线直线度误差可得到补偿，允许达到最大值，即等于图样上给出的直线度公差值（ϕ0. 1mm）与轴的尺寸公差（ϕ0. 3mm）之和（ϕ0. 4mm）；当被测轴处于最大实体与最小实体之间任意状态时，其轴线直线度误差可以得到相应的补偿。如图 56c 所示该关系的动态公差图。

最大实体要求适用于中心要素，可用于形状、方向和位置公差。从零件功能上讲，它适用于只要求满足装配要求但无严格的



配合要求时，如螺栓孔轴线的位置度要求。

（3）最小实体要求　被测要素的实际轮廓应遵守最小实体实效边界，当其实际尺寸偏离最小实体尺寸时，允许几何误差值超出在最小实体状态下给出的公差值的一种要求，称为最小实体要求。

当上述最大实体要求一样，最小实体要求也是一种尺寸公差与几何公差间的相关要求，当被测要素或基准要素偏离其最小实体状态时，几何公差可获得补偿值。

最小实体要求同样也适用于导出要素。采用最小实体要求时，在图样上应在导出要素的公差值后标注符号Ⓛ。当最小实体要求应用于基准要素时，在图样上应在基准字母后标注符号Ⓛ。

图 57 所示，$\phi 8^{+0.25}_{0}$mm 孔的轴线对 A 基准位置度公差要求标注为 ϕ0.4Ⓛ，其表示采用最小实体要求。为此该孔应满足以下要求。

1）孔的实际尺寸应为 $\phi 8 \sim \phi 8.25$mm。

2）孔的实际轮廓不超出最小实体实效边界，即其拟合组成要素不大于最小实体实效尺寸 $\phi 8.25 + \phi 0.4 = \phi 8.65$mm。

上述要求表示：当被测孔处于最小实体状态时，其轴线对 A 基准的位置度公差为图样上给出的公差值 ϕ0.4mm（图 57b）；当被测孔处于最大实体状态时，其轴线对 A 基准的位置度误差允许达到最大值，即等于图样上给出的位置公差（ϕ0.4mm）与孔的尺寸公差（ϕ0.25mm）之和（ϕ0.65mm）；当被测孔处于最小实体与最大实体之间任意状态时，其轴线位置度误差可以得到补偿。图 57c 所示该关系的动态公差图。

由上述可知，采用最小实体要求的被测要素轮廓的实际状况，是由最小实体尺寸和几何公差值综合形成的最小实体实效边界所控制。当被测要素的实际轮廓处于该状态时，零件占有材料最少，强度最低，即零件处于满足功能要求前提下的最坏状态。轮廓要素偏离了这个状态，即其局部实际尺寸偏离了最小实体尺寸时，可使几何公差值超出设计给定的值，但仍然位于该控制边

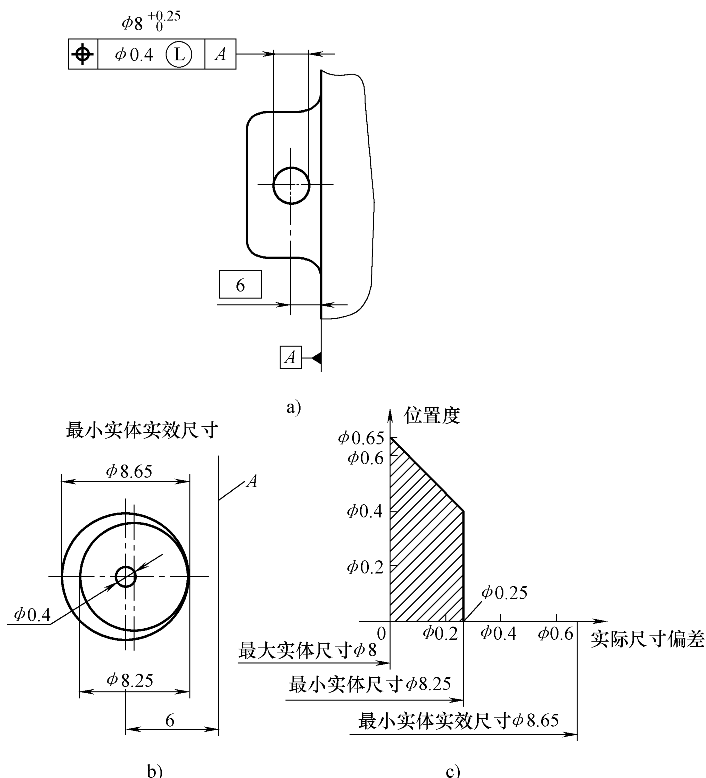


图 57　最小实体要求示例

界内。一般情况下，当被测要素的实际轮廓处于最大实体状态时，几何公差得到的补偿最大。

（4）可逆要求　可逆要求是最大实体要求和最小实体要求的附加要求，表示尺寸公差可以在实际几何误差小于几何公差之间的差值范围内增大。

可逆要求本身不能单独使用，也没有自己的边界，它必须与最大实体要求或最小实体要求一起使用。在图样上用符号Ⓡ标注在Ⓜ或Ⓛ之后。当它与最大实体要求合用时，应在几何公差值后加注“Ⓜ Ⓡ”；与最小实体要求合用时，应在几何公差值后面加



注“Ⓛ Ⓡ”。

用可逆要求可以充分利用最大实体实效状态和最小实体实效状态的尺寸，在制造可能性的基础上，可逆要求允许尺寸和几何公差之间相互补偿。

图 58a 所示 $\phi20_{-0.1}^{\ 0}$ mm 轴的轴线对基准面 A 的垂直度公差要求，且在框格内标注为 $\phi0.2$Ⓜ Ⓡ，该要求表示即采用最大实体要求，同时又采用可逆要求。为此该被测要素（轴）应满足以下要求。

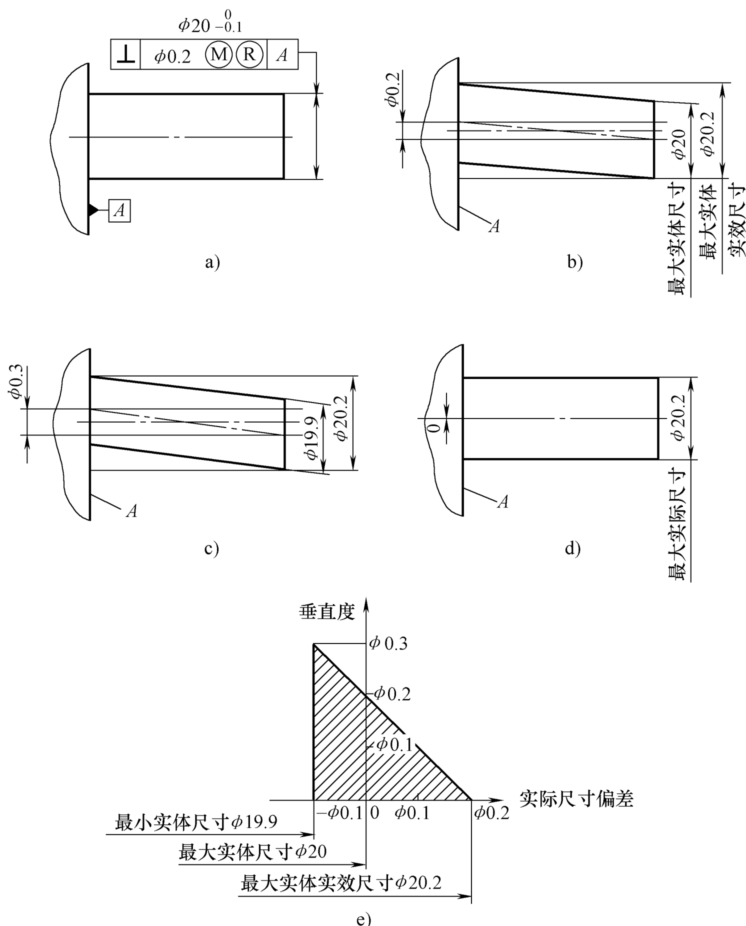


图 58　可逆要求用于最大实体要求示例

1）轴的实际直径不能小于最小实体尺寸 ϕ19.9mm。

2）轴的实际轮廓面不得超出最大实体实效边界，即其拟合组成要素不超出最大实体实效尺寸 ϕ20mm + ϕ0.2mm = ϕ20.2mm，如图 58b 所示。

上述要求表示：当轴的所有局部实际尺寸都是最小实际尺寸 ϕ19.9mm 时，按照最大实体要求，其轴线的垂直度误差可得到尺寸公差最大补偿值 ϕ0.1mm，此时垂直度误差允许达到最大值 ϕ0.2mm + ϕ0.1mm = ϕ0.3mm，如图 58c 所示。

当垂直度误差为 ϕ0mm 时，按照可逆要求，其实际直径可得到垂直度公差最大补偿值 ϕ0.2mm，此时局部实际尺寸可为 ϕ20mm + ϕ0.2mm = ϕ20.2mm，如图 58d 所示。

垂直度误差和实际尺寸无论怎样变化，其实际轮廓线均不能超出其控制边界。它们之间相互补偿的动态公差图，如图 58e 所示。

可逆要求用于最大实体要求，仅允许实际尺寸超越给出的尺寸公差范围，但不破坏其最大实体实效边界，因此仍能保证其装配要求。

表面粗糙度及其检测

79. 什么是表面粗糙度？它对产品性能有何影响？

答：零件加工表面存在着由较小间距峰谷组成的微量高低不平的痕迹，也就是零件表面微观几何形状的特征量，称为表面粗糙度。表面粗糙度是由所采用的加工方法和其他因素作用所形成的。

加工后所得零件实际表面，不可能与理想的几何形状完全一样。即使经过精加工的零件表面，肉眼看来似乎很光滑、平整，但用显微镜观察，就会看到由许多凸峰和凹谷组成的微小加工痕迹，使得表面凹凸不平。这种微观几何特性可用它的特征量——表面粗糙度来表示。表面粗糙度值越小，则表面越光滑。

表面粗糙度值的大小，对机械零件的使用性能有很大影响。

1）表面粗糙度影响零件的耐磨性。表面越粗糙，摩擦因数就越大，两相对运动表面的磨损就越快。提高对零件表面粗糙度的要求，即可减少初期磨损，提高零件耐磨性，延长其使用寿命。

2）表面粗糙度影响配合性质的稳定性。对间隙配合来说，表面越粗糙，就越易磨损，使其在工作过程中实际间隙急剧增大。对过盈配合来说，由于装配时会将配合表面上微观凸峰挤平，产生塑性变形减少了实际有效过盈量，降低了连接强度。

3）表面粗糙度影响零件的强度。因粗糙的零件表面上，留下的凹痕、尖锐的切口，在交变应力作用下，对应力集中很敏感，会使零件的疲劳强度大大降低。

4）表面粗糙度影响零件的耐蚀性。粗糙的表面，易使腐蚀性物质附着于表面的微观凹谷内，并渗入到金属内层，造成表面锈蚀。

此外，表面粗糙度还对零件结合密封性、外观整洁等产生影响。因此，在设计零件时，给出必要的表面粗糙度要求，是一项不可缺少的技术要求。

80. 什么是取样长度和评定长度？

答：取样长度是指测量或评定表面粗糙度时所规定的一段基准线长度 l，如图59所示。规定取样长度的目的在于限制和削弱其他几何形状误差，特别是表面波纹度对测量结果的影响。

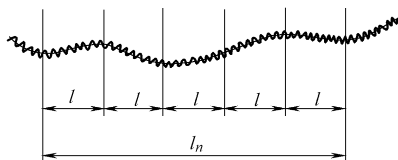


图59　取样长度和评定长度

取样长度（mm）可从以下系列中选取。

0.08，0.25，0.8，2.5，8，25

表面越粗糙，选取的取样长度就应越大。因为表面越粗糙，波距也越大，取较大的取样长度才能反映一定数量的微量高低不平的痕迹。

根据评定表面粗糙度所采用的不同参数（详见后述），取样长度的选用值见表31。

一般情况下按表31选用对应的取样长度值时，在图样上或技术文件中可省略标注。当有特殊要求应给出相应的取样长度值时，则应在图样上或技术文件中注出。

表31　取样长度和评定长度选用值

Ra/μm	Rz/μm	取样长度 l/mm	评定长度 l_n/mm
>0.008～0.02	>0.025～0.10	0.08	0.4
>0.02～0.1	>0.10～0.50	0.25	1.25
>0.1～2.0	>0.50～10.0	0.8	4.0
>2.0～10.0	>10.0～50.0	2.5	12.5
>10.0～80.0	>50～320	8	40.0



评定长度 l_n 是评定轮廓所必需的一段长度。它可包括一个或几个取样长度（图 59）。由于实际零件表面各部分的表面粗糙度不一定很均匀，在一个取样长度上往往不能合理地反映某一表面粗糙度特征，故需要在表面上取几个取样长度来评定其表面粗糙度，一般取 $l_n = 5l$。

由于加工表面的不均匀性，在评定表面粗糙度时，其评定长度应根据不同的加工方法和相应的取样长度来确定。一般情况下可按表 31 选取相应的评定长度。如被测表面均匀性较好，测量时可选用小于 $5l$ 的评定长度值；均匀性较差的表面可选用大于 $5l$ 的评定长度值。

81. 什么是粗糙度轮廓？确定粗糙度轮廓中线有哪两种方法？

答：一个指定平面与实际平面相交所得的轮廓称为表面轮廓。通过测量所得到的表面轮廓称为粗糙度轮廓，如图 60 所示。粗糙度轮廓是评定粗糙度轮廓参数的基础。

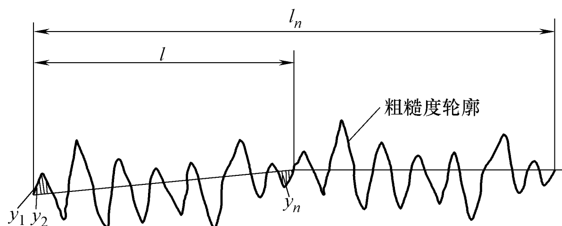


图 60　最小二乘中线

粗糙度轮廓参数通常采用直角坐标系，其 X 轴与粗糙度轮廓中线方向一致。

确定粗糙度轮廓中线有以下两种方法。

1）轮廓的最小二乘中线。它是根据实际轮廓用最小二乘法来确定的基准线。即在取样长度内，使轮廓上各点至一条假想线的距离的平方和为最小，这条假想线就是最小二乘中线，如图 60 所示。

由图 60 可以看出：对于任何已确定的取样长度 l 内的实际轮廓所确定的最小二乘中线只存在一条，是唯一的。在轮廓图上用数学的最小二乘法计算求得中线位置是十分复杂和繁琐的，因此，

通常用图解近似方法来代替，这样就得到轮廓算术平均中线。

2）轮廓算术平均中线。在取样长度内，由一条假想线将实际轮廓分成上下两部分，且使上部分面积之和等于下部分面积之和，这条假想线就是算术平均中线，如图61所示。

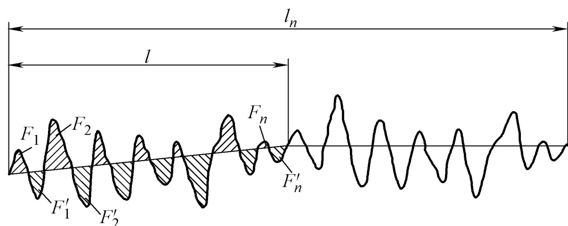


图61　算术平均中线

标准中规定算术平均中线是为了用图解法近似地确定最小二乘中线。通常是用目测来确定轮廓算术平均中线，所以它具有较大的实用性。

82. 评定表面粗糙度的特征参数有哪几种?

答: 为了满足对零件表面不同的功能要求，国家标准从表面微观形状的高度、间距和形状三个方面的特征，相应地规定了表面轮廓的高度特征参数、间距特征参数和形状特征参数。

表面粗糙度参数采用R表示。

图样上给出表面粗糙度要求时，一般只给出高度特征参数。只有当高度特征参数不能满足表面的功能需求时，才给出间距特征参数或形状特征参数等附加的评定参数要求。

标准中规定表面粗糙度高度特征参数应从下列两种中选取。

（1）轮廓算术平均偏差 Ra　在取样长度 l 范围内，被测轮廓线上各点至中线的距离（图60）的算术平均值，称为算术平均偏差 Ra，用公式表示为

$$Ra = \frac{1}{n}(y_1 + y_2 + \cdots + y_n)$$

测得 Ra 值越大，则表面越粗糙。Ra 参数能客观地反映表面



微观几何形状的特性，概念简单明了、直观，易于理解，使用仪器进行数值处理较方便，且在轮廓图上进行计算也较简单，因此，生产中普遍采用 *Ra* 参数。但因受到计量器具的功能限制，该项参数不宜用作过于粗糙或太光滑的表面粗糙度评定。

标准中规定的 *Ra* 参数值系列分为规定系列和补充系列，见表 32。

表 32　轮廓算术平均偏差 *Ra* 的数值（单位：μm）

规定系列		补充系列			
0.012	1.6	0.008	0.080	1.00	10.0
0.025	3.2	0.010	0.125	1.25	16.0
0.05	6.3	0.016	0.160	2.0	20
0.1	12.5	0.020	0.25	2.5	32
0.2	25	0.032	0.32	4.0	40
0.4	50	0.040	0.50	5.0	63
0.8	100	0.063	0.63	8.0	80

（2）轮廓最大高度 *Rz*　在一个取样长度内，最大轮廓峰高与最大轮廓谷深之和，如图 62 所示。用公式表示为

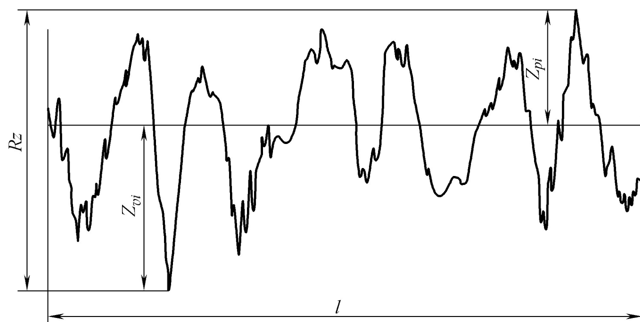


图 62　轮廓最大高度

$$Rz = Z_{pi} + Z_{vi}$$

式中　Z_{pi}——最大轮廓峰高；

Z_{vi}——最大轮廓谷深。

测得 *Rz* 值越大，则表面越粗糙。*Rz* 定义明确，易于理解。当使用光学仪器评定表面粗糙度时，用 *Rz* 参数比用 *Ra* 参数测量简单。

由于 *Rz* 仅考虑了波峰与波谷，所以它反映出来的表面特征

有一定局限性，且在光学仪器上目测 Rz 值时，测量结果不仅受观察误差影响，同时还因所选的谷、峰不同，使测得结果往往差别较大。

Rz 只能反映被测表面轮廓波峰的高度，却不能反映轮廓的几何特征（如峰顶的尖锐或平钝等）。因此，只有当零件表面只需评定轮廓高度，而不需评定其形状特征时方选用 Rz。

标准中规定的 Rz 参数值系列分为规定系列和补充系列，见表33。

表33　轮廓最大高度 Rz 的数值　　（单位：μm）

规定系列		补充系列			
0.025	12.5	0.032	0.63	16.0	320
0.05	25	0.040	1.00	20	500
0.1	50	0.063	1.25	32	630
0.2	100	0.080	2.0	40	1000
0.4	200	0.125	2.5	63	1250
0.8	400	0.160	4.0	80	
1.6	800	0.25	5.0	125	
3.2	1600	0.32	8.0	160	
6.3		0.50	10.0	250	

83. 什么是表面粗糙度附加评定参数？

答：根据表面功能的需要，在图样上给出表面粗糙度参数时，一般只要给出前面所述高度特征参数（Ra、Rz）即可。只有当高度特征参数不能满足表面的功能要求时，才附加给出间距特征参数或形状特征参数，称为附加评定参数。

（1）轮廓单元的平均宽度 RSm　它是指在一个取样长度内单元宽度 X_S 的平均值如图63所示。用公式表示为

$$RSm = \frac{1}{m}(X_{S1} + X_{S2} \cdots + X_{Sm})$$

式中　X_S——轮廓单元宽度。

标准中规定的 RSm 参数系列分为规定系列和补充系列，见表34。



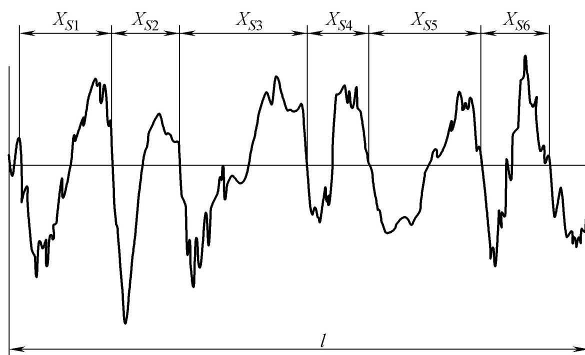


图 63　轮廓单元的平均宽度

表 34　轮廓单元的平均宽度 *RSm* 的数值

（单位：μm）

规定系列		补充系列			
0.006	0.8	0.002	0.020	0.25	2.5
0.0125	1.6	0.003	0.032	0.32	4.0
0.025	3.2	0.004	0.040	0.50	5.0
0.05	6.3	0.005	0.063	0.63	8.0
0.1	12.5	0.008	0.080	1.00	10.0
0.2		0.010	0.125	1.25	
0.4		0.016	0.160	2.0	

（2）轮廓支承长度率 *Rmr*（*c*）。它是指在取样长度 *l* 内，取一条平行于中线的直线，该线与轮廓相截，在轮廓上各段截线长度 b_1、b_2、…、b_n 之和，与取样长度之比，如图 64 所示。用公式表示

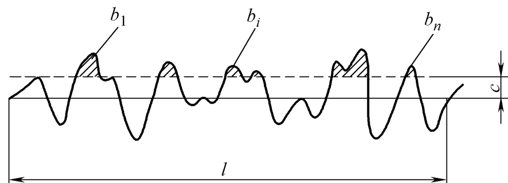


图 64　轮廓支承长度率 *Rmr*（*c*）

$$Rmr(c)=\frac{1}{l}(b_1+b_2+\cdots+b_n)$$

图 64 可知，平行于中线的直线在轮廓上相截的位置不同，即平行线的水平截距 c 不同，则所得到的支承长度也不相同，故所得支承长度率也不相同。因此，支承长度率 Rmr（c）应对应于水平截距 c 给出，即选用轮廓支承长度率参数时必须同时给出轮廓水平截距 c 值。它可用 μm 或 Rz 的百分数表示。百分数系列为 Rz 的 5%、10%、15%、20%、25%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%。

轮廓支承长度率 Rmr（c）的数值，标准中规定见表 35。

表 35　轮廓支承长度率 Rmr（c）的数值

$Rmr(c)$(%)	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90

84. 什么是表面粗糙度符号？它表示什么意义？

答： 在图样上用以表示表面粗糙度要求所规定的简单图形符号，称为表面粗糙度符号。国家标准中规定图样上表示零件表面粗糙度的符号有以下几种，如图 65 所示。

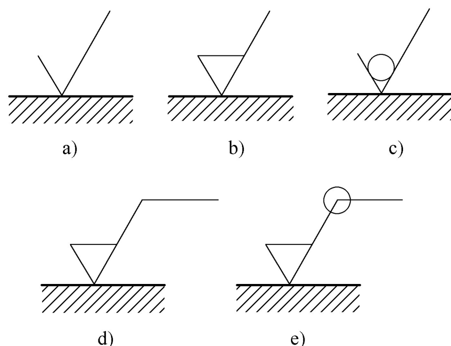


图 65　表面粗糙度符号

1）基本图形符号（图 65a）。基本图形符号由两条不等长的与标注表面成 60°夹角的直线构成。该符号仅用于简化代号标注（图 74），没有补充说明时不能单独使用。



如果基本图形符号与补充的或辅助的说明一起使用，则不需要进一步说明为了获得指定的表面是否应去除材料或不去除材料。

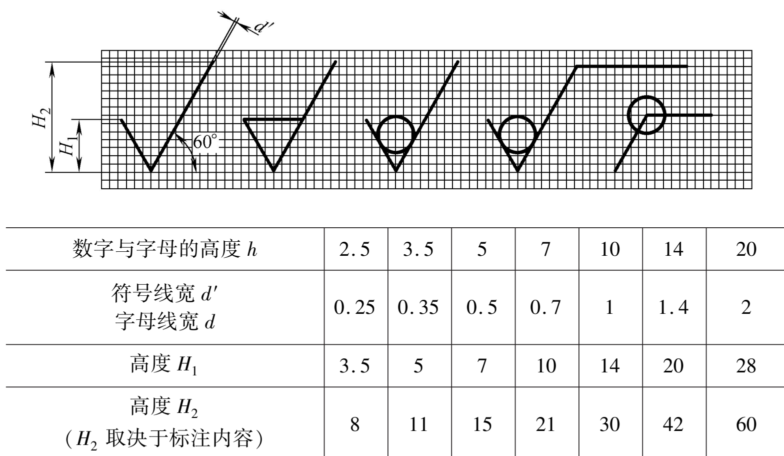
2）要求去除材料的图形符号（图 65b）。在基本图形符号上加一短横，表示指定表面是用去除材料的方法获得，如通过机械加工获得的表面。

3）不允许去除材料的图形符号（图 65c）。在基本图形符号上加一个圆圈，表示指定表面是用不去除材料获得，如铸、锻等获得的表面。

4）完整图形符号（图 65d）。当要求标注表面结构特征的补充信息时，应在上述三种图形符号的长边上加一横线（图 67）。

5）工件轮廓各表面的图形符号（图 65e）。当在图样某个视图上构成封闭轮廓的各表面有相同的表面粗糙度要求时，应在图 65d 所示完整图形符号上加一圆圈，标注在图样中工件的封闭轮廓线上。如果标注会引起歧义时，各表面则应分别标注。

表面粗糙度符号的绘制比例与尺寸如图 66 所示。绘制时应根据图形大小选择适宜大小的尺寸按规定比例绘制。



数字与字母的高度 h	2.5	3.5	5	7	10	14	20
符号线宽 d' 字母线宽 d	0.25	0.35	0.5	0.7	1	1.4	2
高度 H_1	3.5	5	7	10	14	20	28
高度 H_2 （H_2 取决于标注内容）	8	11	15	21	30	42	60

图 66　表面粗糙度符号的绘制比例和尺寸

85. 表面粗糙度补充要求的注写位置是怎样规定的？

答：在完整符号中，对表面粗糙度的单一要求和补充要求，应分别注写在图67所示的指定位置。图67所示位置 $a \sim e$ 分别注写以下内容。

1）位置 a。注写第一个表面粗糙度的要求。根据标准规定，标注表面粗糙度参数代号、极限值和传输带或取样长度。为了避免误解，在参数代号和极限值间应插入空格。传输带或取样长度后应有一斜线“/”，之后是参数代号，最后是数值，如 -0.8/Rz6.3（取样长度标注）。

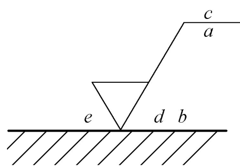


图67　单一要求和补充要求的注写位置

2）位置 a 和 b。注写两个或多个表面粗糙度要求。在位置 a 注写第一个表面粗糙度要求，在位置 b 注写第二个表面粗糙度要求。如果要注写第三个或更多个表面粗糙度要求，图形符号应在垂直方向扩大，以空出足够的空间。扩大图形符号时，a 和 b 的位置随之上移。

3）位置 c。注写加工方法。注写加工方法、表面处理、涂层或其他加工工艺要求等，如车、磨、镀等加工表面。镀覆标注使用GB/T 13911规定的符号。

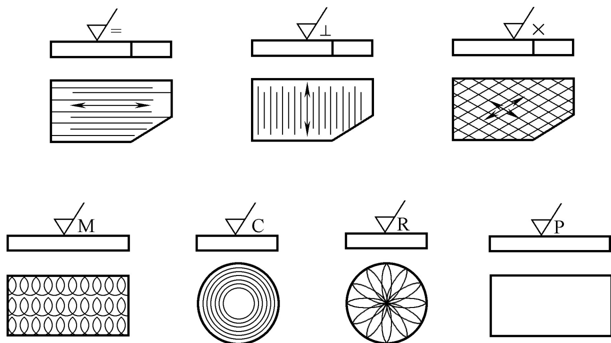


图68　加工纹理方向符号标注



4）位置 *d*。注写表面纹理和方向。注写所要求的表面纹理和纹理方向。加工纹理方向符号标注，如图 68 所示。

5）位置 *e* 注写加工余量。注写所要求的加工余量，以 mm 为单位给出数值。

86. 怎样正确标注表面粗糙度？

答：根据零件的功能需要，应合理地选择表面粗糙度的要求，并按国家标准规定正确地标注在图样上。表面粗糙度图样上的标注方法具体规定如下。

1）表面粗糙度要求对每一表面一般只标注一次，并尽可能注在相应的尺寸及其公差的同一视图上。除另有说明，所标注的表面粗糙度要求是完工零件表面的要求。

2）根据 GB/T 4458 的规定，使表面粗糙度的注写和读取方向与尺寸的注写和读取方向一致，如图 69 所示。

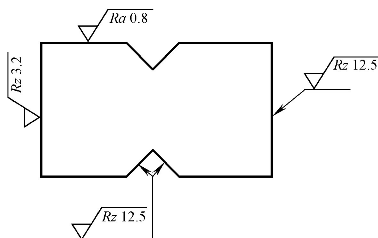


图 69　表面粗糙度代号在图样上的注写方向

表面粗糙度要求可标注的轮廓线上，其符号应从材料外指向并接触表面。必要时，表面粗糙度符号也可用带箭头的（图 69）或黑点的指引线引出标注。

3）在不致引起误解时，表面粗糙度要求可标注在给定的尺寸线上，如

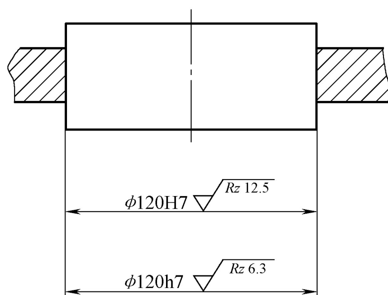


图 70　表面粗糙度要求标注在尺寸线上

图 70 所示。

4）表面粗糙度要求可标注在几何公差框格的上方，如图 71 所示。

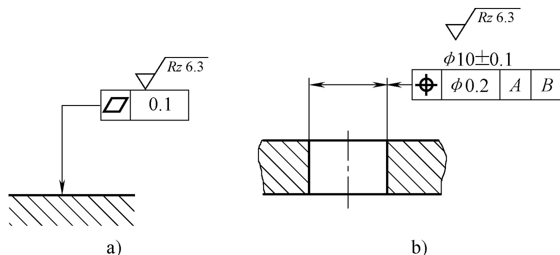


图 71　表面粗糙度要求标注在几何公差框格上方

5）表面粗糙度要求可直接标注在延长线上，或用箭头引出标注，如图 72 所示。

圆柱和棱柱表面的表面粗糙度要求只标注一次。如果每个棱柱表面有不同要求，则应分别单独标注（图 72b）。

6）有相同表面粗糙度要求的简化注法。如是在工件的多数（包括全部）表面有相同的表面粗糙度要求时，则其表面粗糙度要求可统一标注在图样标题栏附近。此时（除全部表面有相同要求的情况外）表面粗糙度要求的后面，在圆括号内给出无其他标注的基本符号，如图 73 所示。

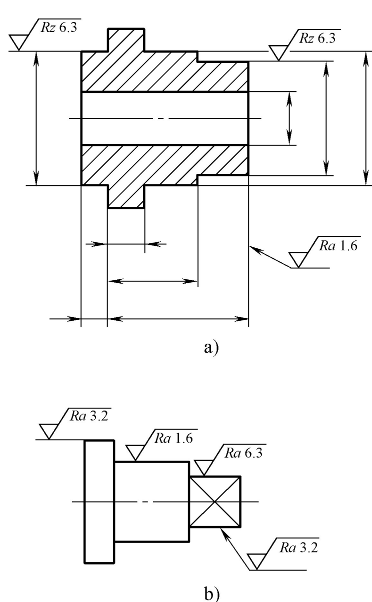


图 72　表面粗糙度要求直接标注在延长线上

7）多个共同要求的标注法。当多个表面具有相同的



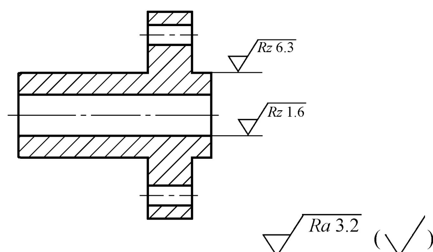


图 73　大多数表面有相同表面粗糙度要求的简化注法

表面粗糙度要求或图纸空间有限时，可采用带字母的完整符号，以等式的形式，在图形或标题栏附近，对有相同表面粗糙度要求的表面进行简化标注，如图 74a 所示。

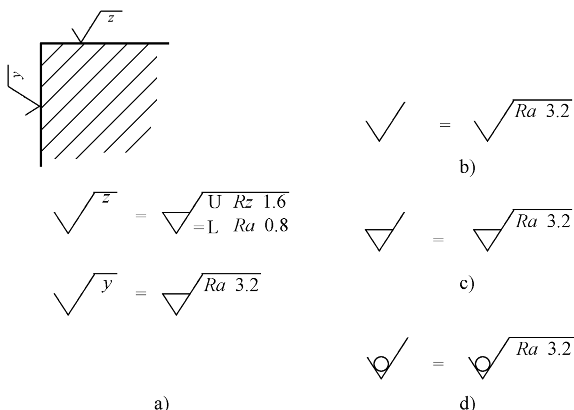


图 74　多个共同要求的标注法

用等式的形式给出对多个表面共同的表面粗糙度要求时，对未指定工艺方法的多个表面粗糙度要求的简化注法，如图 74b 所示；要求去除材料的多个表面粗糙度要求的简化标注，如图 74c 所示，不允许去除材料的多个表面粗糙度要求的简化注法，如图 74d 所示。

8）两种或多种工艺获得的同一表面的注法。由几种不同的

工艺方法获得的同一表面，当需要明确每一种工艺方法的表面粗糙度要求时，可按图 75 所示进行标注。

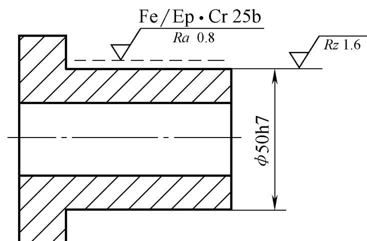


图 75　同时给出镀覆前后的表面粗糙度要求的注法

87. 规定表面粗糙度要求的一般规则是什么?

答: 图样上标注表面粗糙度要求时，必须遵守以下规则。

1）在规定表面粗糙度要求时，必须给出表面粗糙度值和测定时的取样长度两项基本要求（按规定选用对应的取样长度时，在图样上可省略标注)。必要时也可规定加工纹理、加工方法或加工顺序和不同区域的表面粗糙度等附加要求。

2）表面粗糙度的注法应符合 GB/T 131—2006 的规定。

3）为保证产品质量，可按功能需要规定表面粗糙度的数值。否则可不规定其参数值，也不需检查。

4）表面粗糙度各参数的数值是指在垂直于基准面的各截面上获得。对给定的截面如截面方向与高度参数（*Ra*、*Rz*）最大值的方向一致时，则可不规定测量截面的方向，否则应在图样上标出。

5）表面粗糙度的要求不适用于表面缺陷。在评定过程中不应把表面缺陷（如沟槽、气孔、划痕等）包含进去。必要时，应单独规定对表面缺陷的要求。

6）根据表面功能和生产的经济合理性，当选用各参数系列数值时（见表 32、表 33、表 34），应优先选用规定系列，当该系列值不能满足要求时，可选取补充系列值。



88. 表面粗糙度与尺寸公差有何关系?

答: 通常零件的尺寸公差要求较高时，该零件的表面粗糙度值要求也较高。但零件表面粗糙度要求较高时，其尺寸公差要求并不一定高，有些零件因功能要求的需要，表面要求光滑、平整，但尺寸精度要求很低，甚至无要求。如各种机床的手柄、手轮等，为了避免划伤人手、保持外形美观和防止锈蚀等原因，其表面粗糙度要求很高，但其尺寸精度没有要求。

由此可见，零件表面粗糙度与尺寸公差之间不存在一定的函数关系。通常对有配合关系的零件表面，其表面粗糙度高度参数值与尺寸公差之间有一定的对应关系。

如前所述，零件的尺寸公差是根据零件的配合性能要求确定的。在公差与配合选择过程中，通常假定零件为理想的平滑几何状态下确定其配合状况。但实际零件不可能做成平滑的几何表面，而存在有微观几何形状误差，即表面粗糙度。因此，配合表面并不是全部接触的，而仅仅是表面上突出点相接触，故实际接触面积比理想状态要小。如经车、铣和铰削后的零件配合时，其实际接触面积仅占理想状态下的 15% ~20%；精磨后的表面也仅占 30% ~50%。由于实际接触面积小，使单位面积压力增大，引起接触面上弹性或塑性变形，而造成配合性质的改变。

虽然表面粗糙度与尺寸公差之间没有明确的关系，但在生产中两者之间相互影响作用，应在选择公差与配合时予以考虑。

根据试验，表面粗糙度 Ra 值与尺寸公差 T 之间有以下大致关系

$$Ra \leqslant 0.025T$$

考虑到过盈配合压入过程中，或间隙配合试运转过程中，表面微观不平度会被碾平一些，故按实际影响关系上式可改写为

$$Ra \leqslant 0.05T$$

实际设计中，配合尺寸通常可按尺寸公差的公差等级来选择适宜的表面粗糙度等级。表 36 列出了在不同公差等级时，孔与轴加工表面相应的表面粗糙度要求。从中看出，在同一公差等级

下，应按不同公称尺寸范围来选取相应的表面粗糙度。

表 36　与常用优先公差带相应的表面粗糙度

（单位：μm）

公差等级		公称尺寸/mm												
孔	轴	≤3	>3~6	>6~10	>10~18	>18~30	>30~50	>50~80	>80~120	>120~180	>180~250	>250~315	>315~400	>400~500
1	1		*Ra*0.04							*Ra*0.16				
2	2				*Ra*0.08									
3	3								*Ra*0.32				*Ra*0.63	
4	4				*Ra*0.16									
5	5	*Ra*0.16		*Ra*0.32									*Ra*1.25	
	6													
6					*Ra*0.63									
	7													
7					*Ra*1.25									
	8								*Ra*2.5					
8														
9	9													
	10													
10 11	11					*Ra*5.0							*Ra*10.0	
12	12													
13	13												*Ra*20.0	

89. 怎样合理地选择表面粗糙度？

答：表面粗糙度参数值选得适当与否，不仅影响零件的使用性能，还影响到加工工艺和生产成本。因此，合理地选取表面粗糙度参数值具有重要意义。一般选用原则如下。

1）在满足零件的工作性能要求和使用寿命的前提下，尽量选用要求较低的表面粗糙度，以简化工艺，降低成本。

2）同一零件上，工作面的表面粗糙度要求应高于非工作面的。

3）摩擦表面应比非摩擦表面的表面粗糙度要求高；运动速度大、单位压力大的摩擦表面相对应有较高的表面粗糙度要求。

4）承受交变载荷的零件，在其易引起应力集中的转折处、



沟槽、圆角、轴肩或孔肩等处，应有较高表面粗糙度要求。

5）配合性质要求高的配合表面，如小间隙的间隙配合，受重载作用的过盈配合，其配合表面应有较高的表面粗糙度要求。

6）配合性质及公差等级相同的零件，公称尺寸较小的比尺寸大的表面粗糙度要求高（因粗糙度对小零件的影响比大零件的大）。

7）其他条件相同时，间隙配合的表面比过盈配合的表面粗糙度要求高。相配合的孔与轴间，因轴易加工且轴的材质（高硬度）受表面粗糙度影响较大等因素，故轴表面比孔表面粗糙度要求高。

8）表面承受腐蚀的零件以及操作手柄等特殊用途零件，为防腐蚀、不划伤人手和美观等原因，应给出较高的表面粗糙度要求。

9）凡有关标准已对表面粗糙度要求做出规定的（如与滚动轴承配合的轴颈及外壳孔），则应按相应标准规定确定表面粗糙度参数值。

90. 选择零件表面粗糙度的方法有哪些？

答：零件设计应根据功能要求和使用寿命、加工工艺经济性等各方面因素，正确、合理地选择其表面粗糙度要求，并准确地标注在图样上。

选择表面粗糙度的方法常用有以下三种。

（1）类比法　设计零件时，将其与原有的类似典型零件进行对比分析，可根据经实践检验认为合理、正确的原有零件的表面粗糙度要求，来确定新设计零件的表面粗糙度。此法简便、迅速、有效。

使用类比法时应注意所选类比件与新设计件在功能、工作条件、材质及技术要求等方面应基本类似，具有可比性。同时，与之比较的原件应是经长期实践检验，并证明使用可靠，原定表面粗糙度要求是正确、合理、可靠的。

分析比较时还应根据两者异同之处，并根据新设计零件的功

能要求、使用条件等对粗糙度进行适当修正。

用类比法确定表面粗糙度高度参数的应用举例见表37，供选择表面粗糙度时参考。

表37　用类比法确定表面粗糙度高度参数的应用举例

粗糙度参数值		应用举例
Ra/μm	*Rz*/μm	
>20～50	>80～200	毛坯粗加工后的表面(粗车、粗刨、切断、钻及镗),焊接前的焊缝表面
>10～20	>40～80	支架、箱体、粗糙的手柄、离合器等不与其他零件接触的表面;穿螺钉、铆钉的孔表面等
>5～10	>20～40	按IT12～IT13级制造的零件配合表面与其他零件紧贴在一起、但不形成配合的箱体、支架、套筒、盖子及其他类似零件的表面,齿轮的非工作面
>2.5～5	>10～40	按IT9～IT11级制造的零件配合表面;精度不高的齿轮工作表面;机床主轴的非工作面;气缸盖支承面;基面及要求较高的自由面
>1.25～2.5	>6.3～10	按IT6～IT8级制造的零件配合表面;衬套、轴承和定位销的压入孔;中等精度齿轮齿面;传动螺纹工作面;低速传动轴颈;V带轮槽表面;电镀前金属表面
>0.63～1.25	>3.2～6.3	IT6级的轴与IT7级的孔的配合表面;要求定心的表面,如圆锥销表面、内外花键定心面;与G、E级滚动轴承相配合表面;中速转轴轴颈;磨削齿轮齿面;卧式机床导轨表面
>0.32～0.63	>1.6～3.2	要求保证配合特性的配合面;工作时受交变应力的重要零件;精度较高的齿轮表面;与D级轴承相配合的面;高速工作的轴颈及衬套工作面;较高精度机床导轨工作面
>0.16～0.32	>0.8～1.6	精密机床主轴锥孔、顶尖锥孔;承受交变载荷的零件表面,如发动机曲轴表面、凸轮轴表面;高精度齿轮齿面;与C级滚动轴承相配合的表面
>0.08～0.16	>0.4～0.8	承受较大交变载荷的零件表面;精密机床主轴轴颈表面;活塞表面;仪器导轨;液压阀工作面;气缸套内表面;活塞销表面;一般量规工作面
>0.04～0.08	>0.2～0.4	精密机床主轴轴颈;精密、高速滚动轴承滚珠、滚柱表面;高压泵中柱塞和柱塞套的配合表面;量规工作面;测量仪器的摩擦面



（续）

粗糙度参数值		应 用 举 例
$Ra/\mu m$	$Rz/\mu m$	
>0.02～0.04	>0.1～0.2	精密、高速滚动轴承的滚道、滚珠和滚柱的表面；测量仪器中的中等精度配合面；保证高度气密的结合表面
≤0.02	≤0.1	精密仪器测量面；仪器中高精度配合面；量块的工作面；光学仪器中金属镜面

用类比法确定表面粗糙度要求方法比较简单，因此，生产中使用也较为广泛。

（2）计算法　新设计机械零件时，根据零件的尺寸公差、形状公差或配合要求，通过计算求得与之相应的表面粗糙度要求。一般只在有特殊要求时，才使用计算法。

根据零件尺寸公差计算表面粗糙度，如前所述表面粗糙度高度参数 Ra 与尺寸公差有如下关系。

$Ra \leqslant 0.025T$（只考虑尺寸公差，不考虑形状公差）

或　$Ra \leqslant 0.05T$（由于过盈配合压入过程中或间隙配合试运转过程中被碾平一些）

由上式计算所得数值，按表 32 中标准数值靠拢，尽量选取最接近的规定系列数值。

（3）试验法　当设计重要机械零件，或在高温、高压、低温、宇航等特殊情况下工作的零件，以及大批量生产的零件时，应用试验法来确定其表面粗糙度。

对于某些采用类比法或计算法确定的表面粗糙度，往往也需要通过试验法来进行验证。

应当指出，对有关标准中已对表面粗糙度要求做出相应的规定时，应按标准规定确定。

91. 表面粗糙度的检测方法有哪些？

答：表面粗糙度检测的目的是通过测量来评定工件的实际粗糙度是否符合设计要求。检测表面粗糙度时，必须根据被测部位的形状、所需要的检测精度及检测设备和现场条件等情况，合理

地选用检测方法和检测仪器或量具。生产中常用检测方法有以下几种。

（1）比较法　比较法是将被测件的表面，与“表面粗糙度比较样块”进行比较，通过检验者的视觉（有时还借助于放大镜或比较显微镜）或触觉，根据被测表面加工痕迹的特征、反射光的能力及手感的粗糙程度，来判断被检测表面粗糙度的一种检测方法。

比较法所用的标准量具是粗糙度比较样块。它的材料、形状及加工工艺应尽可能与被检测的工件一致，否则会产生较大误差。比较样块应由专业厂制造，并经严格测试标定后出厂。如无适宜的比较样块时，可从工件中挑选具有代表性的工件，经计量部门测试标定后，作为自制比较样块使用。

比较法不能获得表面粗糙度具体数值，但由于它简便，迅速、实用，能当场判断一般工件的表面粗糙度是否符合设计要求。因此，它是生产现场检验工件表面粗糙度的最常用方法。

（2）光切法　光切法是应用光切法原理直接测出被测表面峰谷形状，由此判定其表面粗糙度实测值。光切法是使用双管显微镜进行测量。

光切法原理是：将一束平行光通过具有平直边缘的狭缝及透镜聚光形成扁平的光带，并以约45°的入射角投到被测表面，而在与其垂直的反射方向上的目镜里，观察到放大了的光带边缘与被测表面的交线，该交线即为放大了的表面微观轮廓峰谷形状。在取样长度 l 内，测最高峰顶值和最低谷底值，通过计算便可求得 Rz 值。

该检测方法通常用于检测 Rz 值为0.5～6.3μm范围的表面粗糙度。

（3）干涉法　干涉法是用光波干涉原理来测量表面粗糙度值。常用仪器是干涉显微镜。该仪器的检测范围较小，主要用于测量表面粗糙度数值小的 Rz 值（测量范围0.05～8μm）。用此法测量 Ra 值时，需用仪器上的摄影装置摄取干涉条纹的形状后



才能求得。

（4）感触法　感触法是通过触针在被测表面上轻轻划过，使触针随被测表面轮廓峰谷变化而上下摆动，此摆动位移量通过传感器转换成电量的变化，再经滤波器将表面轮廓上属于形状误差和表面波度的成分滤去，留下属于表面粗糙度的轮廓曲线信号，送入放大器，然后将放大的信号送入计算器，经过积分运算，在指示器上显示出 Ra 数值或其他参数值。

应用感触法测量表面粗糙度，常用仪器是电动轮廓仪。该仪器可直接显示 Ra 值，适于测量 Ra 值 0.02 ~ 5μm。

工件尺寸的检验

92. 工件尺寸的检验对生产有何重要意义？

答：工件尺寸的检验是指在车间实际情况下，用普通计量器具如游标卡尺、千分尺及车间使用的比较仪等，对工件进行测量，所测得实际尺寸与图样中所规定的极限尺寸相比较，判断其是否合格的过程。

如前所述，为了保证零件的功能和互换性要求，图样上对零件结构尺寸给出必要的公差要求。生产过程中，必须严格按照图样要求来制作。为了判定所加工出的每一个零件是否符合图样规定，就必须通过各种检测手段逐件进行检验，以判别是否合格。由此可见，工件的检验是保证产品质量的重要条件。

工件的实际尺寸，是指通过测量所得的尺寸。生产中所采用的测量方法很多，由于环境条件及测量工具的精度各不相同，往往同一工件需采用不同测量方法，所测得的实际尺寸数值也不相同，这给评定尺寸精度带来很大困难。有可能将本来处于公差带内的合格件误判为废品（简称为“误废”），或将处于公差带外的废品误判为合格品（简称为“误收”）。

为统一评定准则，在极限与配合制中规定了检验制。国家标准 GB/T 3177—2009《产品几何技术规范（GPS）光滑工件尺寸的检验》中，规定了在车间实际情况下，光滑工件尺寸检验的验收原则、验收极限、计量器具的测量不确定度允许值和计量器具的选用原则。它是一项涉及面广的基础标准，为保证产品互换性，提高产品质量创造了条件，也是国家标准《极限与配合》正确贯彻执行的技术保证。

93. 工件尺寸检验的验收原则是什么？

答：工件尺寸检验的验收原则是：所用验收方法只接受位于



规定的尺寸极限之内的工件。

上述原则表明：无论是在车间还是计量室的条件下，无论采用何种计量器具或测量方法，如用普通计量器具（游标卡尺、千分尺及车间使用的比较仪等），或采用符合国家标准规定的光滑极限量规（详见“光滑极限量规”一节），以及其他检测方法进行检验，以确定工件是否合格，只要满足上述基本原则，均应认为是可行的验收方法。

生产中遵循这一基本原则，便可保证产品质量和互换性，使工件的真实尺寸在任何检测条件下，均可控制其不超出图样上规定的上极限尺寸和下极限尺寸所限定范围，从而可获得对“极限与配合”国家标准所规定的工件极限尺寸唯一理解。因此，该原则是检验标准的基本出发点。

94. 工件尺寸检验的验收方法基础是什么？

答：按上述工件尺寸检验的验收原则要求，在车间工作条件下，利用各种常规量具检测工件尺寸，想取得更加接近工件的真实尺寸值是难以实现的。因为任何计量器具和计量系统都存在内在误差，故任何测量都难以测出尺寸的真值。若根据测得实际尺寸来判定零件是否合格，不免会产生“误收”或“误废”现象，直接影响着产品质量和经济性。为解决这一问题，虽然也可采用高精度计量器具来检测，并对测量条件、计量器具所引起的系统误差进行修正，或者采用多次重复测量来减少随机误差等办法来减少测量误差。但是，在生产车间的实际条件下，这些办法往往是难以实现。

此外，工件的配合尺寸公差，都是配合性能要求提出，并以被测工件表面为理想形状来考虑的。但在实际工件表面都存在有形状误差（如圆度误差、直线度误差等），都直接影响其配合性能。而多数计量器具通常只能测量尺寸，不测量工件上可能存在的形状误差。但对遵循包容要求的尺寸，工件的完善检验还应测量其形状误差，并把测量结果与尺寸的测量结果综合起来，以判定工件表面各部位是否超出最大实体边界。

考虑到在车间情况下，工件的形状误差取决于加工设备和工

艺装备的精度，在检测尺寸精度时不予考虑，而工件合格与否，只按一次（或多点）测得的实际尺寸来判断其是否合格。而对于温度、压陷效应以及计量器具的系统误差等，通常均不进行修正。由此可见，按上述状况进行检测必然会存在误判。

为减少误判，保证验收质量，标准中规定了验收极限、计量器具的测量不确定度允许值和计量器具选用原则等要求，以解决实际生产中的检测问题。

95. 工件尺寸测量的标准条件是什么？

答：标准中规定工件尺寸测量的标准条件是：测量的标准温度为 20℃；测量力为零。

由于工件和量具都具有热胀冷缩的特性，在不同的温度条件下，所测得的实际尺寸会产生不同的结果。如果没有统一的标准温度规定，工件实际尺寸的检验就没有确切的结果。但在生产车间的环境下，由于条件限制，很难保证工件和量具都保持在 20℃标准温度下进行测量。为此，标准中又规定：如果工件与量具的线胀系数相同，测量时只要计量器具与工件保持相同的温度，可以偏离 20℃。此时不会影响测量结果的准确性。如果工件与计量器具的线胀系数有较大差异，测量时两者温度应尽可能接近 20℃。或者测量结果应对温度影响引起的系统误差进行修正。修正量可按下式计算，即

$$\Delta L = [\alpha_1(t_1 - 20) - \alpha_2(t_2 - 20)]L$$

式中　ΔL——由于温度偏离标准温度引起的测量误差（mm）；

α_1——工件材料的线胀系数（$℃^{-1}$）；

α_2——量具材料的线胀系数（$℃^{-1}$）；

t_1——工件的温度（℃）；

t_2——量具的温度（℃）；

L——工件被测尺寸（mm）。

测量力是引起测量误差的又一因素。测量力是指检测时被测工件表面所承受的计量器具的压力。标准中规定测量的标准条件是测量力为零。该项要求在车间的条件下，用普通量具进行测量



是难以实现的。又由于被测零件的材料不同，工件与计量器具的接触形式也不一样，故工件承受测量力后所引起的变形也不相同，很难确定其测量误差进行修正。因此，标准中没有对测量力对检测结果的影响做出修正的规定。但标准中明确规定：在车间条件下，用普通量具进行测量时，只要测量力符合有关量具或检定规程的规定，即只要是检定合格的计量器具，其测量力引起的误差，均在验收极限内予以考虑，故不需再对测量结果进行修正。

96. 什么是验收极限？确定验收极限有哪两种方式？

答：验收极限是检验工件尺寸时，判断合格与否的尺寸界限。生产中应按验收极限验收工件。

标准中规定，验收极限可以按照下列两种方式之一确定。

1）内缩验收极限。内缩验收极限是从规定的最大实体尺寸和最小实体尺寸分别向公差带内移动一个安全裕度 A 来确定，如图 76 所示。

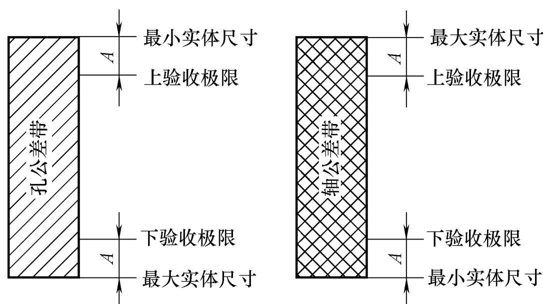


图 76　内缩验收极限

如前所述，图样上给定的极限偏差是限制工件误差变动范围的。但是，考虑到在车间条件下，所采用的计量器具及测量过程使测量结果不可避免地存在误差，同时还不能测量其形状误差。为了尽可能地保证工件不超越最大实体边界和最小实体边界，故在工件验收检验时，应从工件的两极限尺寸（上和下极限尺寸）分别向公差带内移动一个安全裕度 A，由此产生工件验收检验的界限，称为内缩验收极限。

内缩验收极限的安全裕度 A 值是按工件公差 T 的 1/10 确定，其数值在表 38 中给出，依此便可确定工件的验收极限（图 76）。

孔尺寸的验收极限：

上验收极限 = 最小实体尺寸 − 安全裕度 A

下验收极限 = 最大实体尺寸 + 安全裕度 A

轴尺寸的验收极限：

上验收极限 = 最大实体尺寸 − 安全裕度 A

下验收极限 = 最小实体尺寸 + 安全裕度 A

2）不内缩验收极限。

不内缩验收极限等于规定的最大实体尺寸和最小实体尺寸，即 A 值等于零。

97. 怎样选择验收极限的方式？

答：验收极限方式的选择，直接关系到产品质量和加工经济性。若采用内缩验收极限方式，相对加工公差减少 1/5。这样虽可确保零件的配合质量，且可选用精度较低的计量器具，但由于占用了较多的零件公差，使生产公差缩小，从而给加工带来困难。若采用不内缩验收极限方式，受测量误差的影响，对零件配合质量产生不稳定因素，为此需选用较精确的计量器具。但此种验收方式使生产公差不内缩，给加工带来很大方便。

验收极限方式的选择，应结合工件尺寸的功能要求及其重要程度、尺寸公差等级、测量不确定度要求和工艺能力等因素综合考虑。

1）对遵循包容要求的尺寸、公差等级较高的尺寸，应按内缩验收极限确定。

2）当工艺能力指数 $C_p \geqslant 1$ 时，可按不内缩验收极限确定。但对遵循包容要求的尺寸，其最大实体极限一边仍应按内缩验收极限确定。

3）对偏态分布的尺寸，其验收极限可以仅对尺寸偏向一边按内缩验收极限确定。

4）对非配合和一般公差的尺寸，其验收极限均不按内缩验

表 38　安全裕度 A 与计量器具的测量不确定度允许值（u_1）　　（单位：μm）

公差等级		6					7					8					9				
公称尺寸/mm		T	A	u_1			T	A	u_1			T	A	u_1			T	A	u_1		
大于	至			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
—	3	6	0.6	0.54	0.9	1.4	10	1.0	0.9	1.5	2.3	14	1.4	1.3	2.1	3.2	25	2.5	2.3	3.8	5.6
3	6	8	0.8	0.72	1.2	1.8	12	1.2	1.1	1.8	2.7	18	1.8	1.6	2.7	4.1	30	3.0	2.7	4.5	6.8
6	10	9	0.9	0.81	1.4	2.0	15	1.5	1.4	2.3	3.4	22	2.2	2.0	3.3	5.0	36	3.6	3.3	5.4	8.1
10	18	11	1.1	1.0	1.7	2.5	18	1.8	1.7	2.7	4.1	27	2.7	2.4	4.1	6.1	43	4.3	3.9	6.5	9.7
18	30	13	1.3	1.2	2.0	2.9	21	2.1	1.9	3.2	4.7	33	3.3	3.0	5.0	7.4	52	5.2	4.7	7.8	12
30	50	16	1.6	1.4	2.4	3.6	25	2.5	2.3	3.8	5.6	39	3.9	3.5	5.9	8.8	62	6.2	5.6	9.3	14
50	80	19	1.9	1.7	2.9	4.3	30	3.0	2.7	4.5	6.8	46	4.6	4.1	6.9	10	74	7.4	6.7	11	17
80	120	22	2.2	2.0	3.3	5.0	35	3.5	3.2	5.3	7.9	54	5.4	4.9	8.1	12	87	8.7	7.8	13	20
120	180	25	2.5	2.3	3.8	5.6	40	4.0	3.6	6.0	9.0	63	6.3	5.7	9.5	14	100	10	9.0	15	23
180	250	29	2.9	2.6	4.4	6.5	46	4.6	4.1	6.9	10	72	7.2	6.5	11	16	115	12	10	17	26
250	315	32	3.2	2.9	4.8	7.2	52	5.2	4.7	7.8	12	81	8.1	7.3	12	18	130	13	12	19	29
315	400	36	3.6	3.2	5.4	8.1	57	5.7	5.1	8.4	13	89	8.9	8.0	13	20	140	14	13	21	32
400	500	40	4.0	3.6	6.0	9.0	63	6.3	5.7	9.5	14	97	9.7	8.7	15	22	155	16	14	23	35





（续）

公差等级		10					11					12				13			
公称尺寸/mm		T	A	u_1			T	A	u_1			T	A	u_1		T	A	u_1	
大于	至			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ			Ⅰ	Ⅱ			Ⅰ	Ⅱ
—	3	40	4.0	3.6	6.0	9.0	60	6.0	5.4	9.0	14	100	10	9.0	15	140	14	13	21
3	6	48	4.8	4.3	7.2	11	75	7.5	6.8	11	17	120	12	11	18	180	18	16	27
6	10	58	5.8	5.2	8.7	13	90	9.0	8.1	14	20	150	15	14	23	220	22	20	33
10	18	70	7.0	6.3	11	16	110	11	10	17	25	180	18	16	27	270	27	24	41
18	30	84	8.4	7.6	13	19	130	13	12	20	29	210	21	19	32	330	33	30	50
30	50	100	10	9.0	15	23	160	16	14	24	36	250	25	23	38	390	39	35	59
50	80	120	12	11	1.8	27	190	19	17	29	43	300	30	27	45	460	46	41	69
80	120	140	14	13	21	32	220	22	20	33	50	350	35	32	53	540	54	49	81
120	180	160	16	15	24	36	250	25	23	38	56	400	40	36	60	630	63	57	95
180	250	185	18	17	28	42	290	29	26	44	65	460	46	41	69	720	72	65	110
250	315	210	21	19	32	47	320	32	29	48	72	520	52	47	78	810	81	73	120
315	400	230	23	21	35	52	350	35	32	54	81	570	57	51	86	890	89	80	130
400	500	250	25	23	38	56	400	40	36	60	90	630	63	57	95	970	97	87	150

（续）

公差等级		14				15				16				17				18			
公称尺寸/mm		T	A	u_1		T	A	u_1		T	A	u_1		T	A	u_1		T	A	u_1	
大于	至			Ⅰ	Ⅱ			Ⅰ	Ⅱ			Ⅰ	Ⅱ			Ⅰ	Ⅱ			Ⅰ	Ⅱ
—	3	250	25	23	38	400	40	36	60	600	60	54	90	1000	100	90	150	1400	140	135	210
3	6	300	30	27	45	480	48	43	72	750	75	68	110	1200	120	110	180	1800	180	160	270
6	10	360	36	32	54	580	58	52	87	900	90	81	140	1500	150	140	230	2200	220	200	330
10	18	430	43	39	65	700	70	63	110	1100	110	100	170	1800	180	160	270	2700	270	240	400
18	30	520	52	47	78	840	84	76	130	1300	130	120	200	2100	210	190	320	3300	330	300	490
30	50	620	62	56	93	1000	100	90	150	1600	160	140	240	2500	250	220	380	3900	390	350	580
50	80	740	74	67	110	1200	120	110	180	1900	190	170	290	3000	300	270	450	4600	460	410	690
80	120	870	87	78	130	1400	140	130	210	2200	220	200	330	3500	350	320	530	5400	540	480	810
120	180	1000	100	90	150	1600	160	150	240	2500	250	230	380	4000	400	360	600	6300	630	570	940
180	250	1150	115	100	170	1850	180	170	280	2900	290	260	440	4600	460	410	690	7200	720	650	1080
250	315	1300	130	120	190	2100	210	190	320	3200	320	290	480	5200	520	470	780	8100	810	730	1210
315	400	1400	140	130	210	2300	230	210	350	3600	360	320	540	5700	570	510	850	8900	890	800	1330
400	500	1500	150	140	230	2500	250	230	380	4000	400	360	600	6300	630	570	950	9700	970	870	1450



收极限确定。

98. 怎样确定内缩验收极限的极限值？

答： 当工件确定按内缩验收极限方式检验工件时，应根据被测轴或孔的公称尺寸、公差等级及极限偏差，按图 76 和表 38 计算求得其上、下验收极限。

例 1　工件尺寸 $\phi35e9\left(^{-0.050}_{-0.112}\right)$，按内缩验收极限方式验收，计算其验收极限。

根据该轴的公称尺寸 35mm 和公差等级 IT9，由表 38 中查得相应安全裕度 A 为 6.2μm。

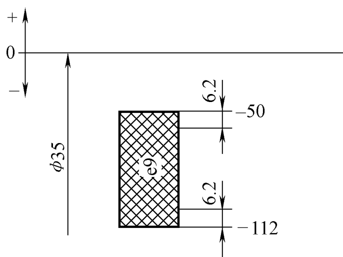


图 77　尺寸 $\phi35e9$ 内缩验收极限

先由给定的极限偏差求得：

轴的最大实体尺寸 = 公称尺寸 + 上极限偏差

= 35mm + (−0.050) mm = 34.950mm

轴的最小实体尺寸 = 公称尺寸 + 下极限偏差

= 350mm + (−0.112) mm = 34.888mm

再确定其验收极限，如图 77 所示。

轴的上验收极限 = 最大实体尺寸 − 安全裕度

= 34.950mm − 0.0062mm = 34.9438mm

轴的下验收极限 = 最小实体尺寸 + 安全裕度

= 34.888mm + 0.0062mm = 34.8942mm

例 2　工件尺寸 $\phi150H10\left(^{+0.160}_{0}\right)$，按内缩验收极限方式验收，计算其验收极限。

根据该孔的公称尺寸 150mm 和公差等级 IT10，由表 38 中查得相应安全裕度 A 为 16μm。

根据给定的极限偏差求得：

孔的最大实体尺寸 = 公称尺寸 + 下极限偏差

= 150mm + 0mm = 150mm

孔的最小实体尺寸 = 公称尺寸 + 上极限偏差

= 150mm + 0.160mm = 150.160mm



确定该孔内缩验收极限，如图 78 所示。

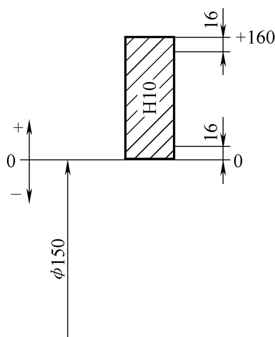


图 78 尺寸 ϕ150H10 内缩验收极限

孔的上验收极限 = 最小实体尺寸 − 安全裕度

= 150.160mm − 0.016mm = 150.144mm

孔的下验收极限 = 最大实体尺寸 + 安全裕度

= 150mm + 0.016mm = 150.016mm

99. 什么是测量？测量过程四要素是什么？

答：在机械制造中，零件加工后，其几何量需要进行检验，以确定其是否符合图样中给定的要求。

测量是指把被测的几何量与具有计量单位的标准量进行比较，以确定被测量的量值的操作过程。图 79 所示为用游标卡尺测量一个轴直径的过程，先将轴颈放在游标卡尺两量爪之间，移动量爪使其与轴颈表面接触良好，此时可由卡尺的尺身和尺框上的刻线所处位置，便可读出被测轴径的实际尺寸值。其中轴的直径为被测量，而游标卡尺上的刻线则体现已知单位的量值。

由上述实例可以看出：任何一个测量过程都包括有以下四个要素。

1）测量对象。对长度测量来讲，主要是指机器和零件上的长度几何量，如孔和轴的直径、高度、深度、宽度、厚度等。

2）测量单位。即计量单位的标准量，国家标准规定长度计量基本单位为米（m，参见 9 题），生产中常用其导出单位如毫

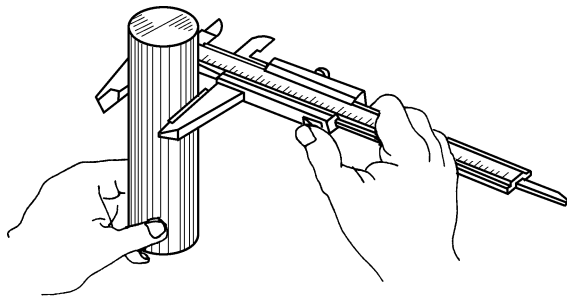


图79　直径测量

米（mm）和微米（μm）。

3）测量方法。它是指在进行测量时所采用的计量器具和测量条件的综合要求，包括测量原理、测量方式、测量器具、标准器、被测零件特性（如精度、大小、材质、数量等）以及测量的客观条件（如环境、温度）等。

4）测量精度。它是指测量结果与真值的一致程度。

技术测量的任务就是根据测量对象的特点和质量要求，拟订合理的测量方法，选择符合要求的计量器具，把被测量与标准量进行比较，分析测量过程中可能存在的误差，从而获得具有一定测量精度的测量结果。

100. 什么是计量器具？常用计量器具有哪些种类？

答：能用以测出被测对象量值的量具、计量仪器（仪表）和计量装置，统称为计量器具。

计量器具的种类很多，生产中常用的长度计量器具，主要有以下几类。

（1）标准计量器具　它是指测量时体现标准量的计量器具。它通常用来校对和调整其他计量器具，或作为标准量与被测几何量进行比较。

标准计量器具中，凡只体现某一固定量值的称为定值标准计量器具，如量块、基准米尺、直角尺等；凡能体现某一范围内多种量值的称为变值标准计量器具，如线纹尺、多面棱体等。



（2）通用计量器具　它是指测量时将被测的量值转换成可直接观察的指示值或等效信息的量具。该类量具通用性大，可用来测量某一范围内的各种尺寸（或其他几何量），并能获得具体数值，是生产中使用最广泛的计量器具。

通用计量器具按其构造特点、工作原理，又可分为以下几种类型。

1）游标式量具是应用游标读数原理（106 题）制成的量具。生产中常用的游标式量具有游标卡尺（图 80a）、深度游标卡尺（图 80b）、高度游标卡尺（图 80c）等。这些量具可分别用于测量外径、内径、长度、厚度、宽度、高度、深度和孔距等尺寸。此外还有一些专用的游标式量具，如齿厚游标卡尺，专门用于测

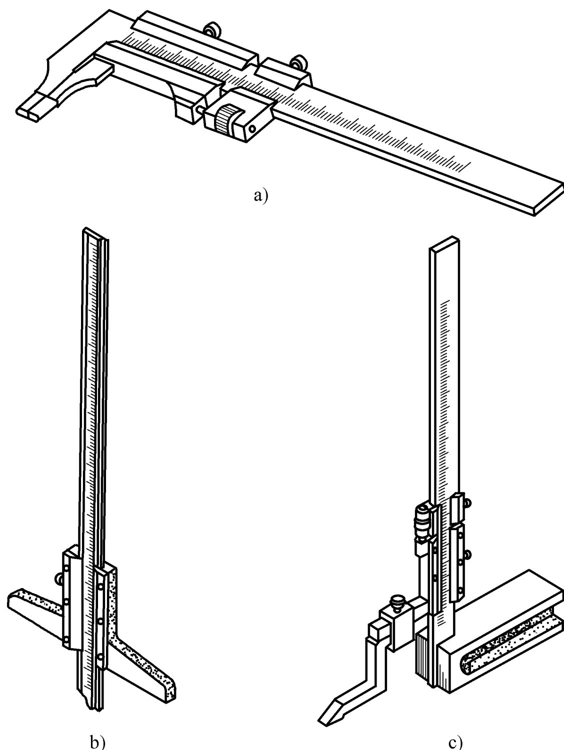


图 80　游标式量具

量齿轮齿厚（图208）。游标式量具的特点是：结构简单、使用方便、坚固耐用、测量尺寸范围大、测量精度较高。生产中广泛用于一般精度的尺寸测量。

2）微动螺旋副式量具是应用测微螺旋副传动原理制成的一种精密量具。生产中常用外径千分尺（图81a）、内径千分尺（图81b）、深度千分尺（图81c）等。这些量具分别用于测量外径、内径、厚度及深度等尺寸。此外还有一些专用的螺旋副式量具，如专门用于测量齿轮公法线长度的公法线千分尺。这类量具的特点是：测量精度高，但结构较复杂、测量范围较窄。生产中主要用于测量精度要求较高的尺寸，应用也十分广泛。

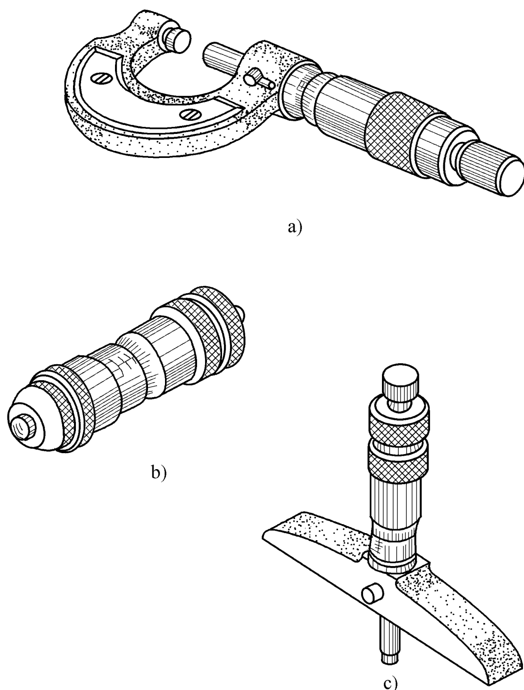


图81　微动螺旋副式量具

3）机械式量仪。通过机械放大机构（如齿轮传动机构、杠杆齿轮传动机构）将被测尺寸的微小变化进行放大，然后由指针



在刻度盘上指示出来。这类量具的特点是：测量精度高，主要用于测量工件的长度尺寸，校正零件位置、检测几何误差，还用于测量精度较高的内径尺寸。生产中常用的有百分表（图 82a）、杠杆百分表（图 82b）、内径百分表（图 82c）和机械式比较仪等。

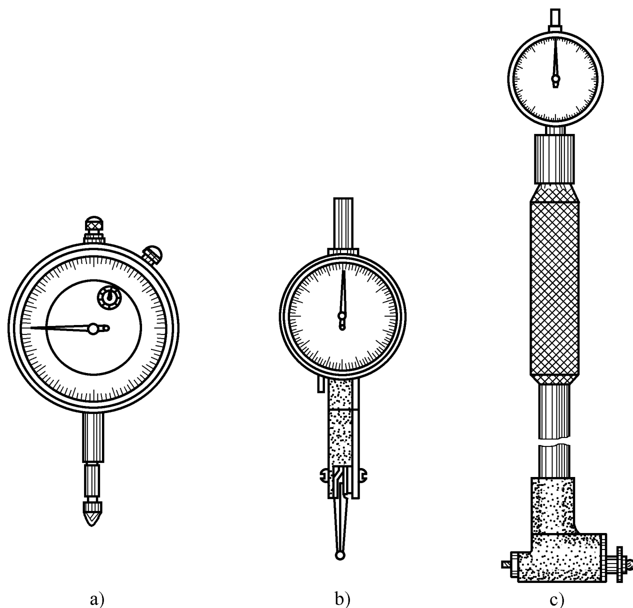


图 82　机械式量仪

除此之外，还有光学机械式量仪（如光学计、测长仪、投影仪、干涉仪等）、气动式量仪、电动式量仪等。这些都是高精度计量器具，通常在计量室内应用。

101. 计量器具的主要计量性能参数有哪些？

答：一定的计量器具只能在一定范围内使用，计量器具的适用范围决定于计量器具的计量参数和本身固有的内在特性。计量器具的计量参数是表征计量器具的性能和功用的指标，也是选择和使用计量器具的依据。只有掌握这些参数，才能正确、合理地选择和使用量具。

计量器具的主要计量参数有：

（1）分度值　它是指计量器具的刻度尺或标盘上，相邻两刻度（即每一小格刻度）所代表的量值。如百分表的分度值是0.01mm，即每一格刻度表示被测尺寸为0.01mm。在长度测量中，常用的分度值有0.1mm、0.01mm、0.002mm、0.001mm等几种。当计量器具上有多个刻度尺，它们的分度值不同时，通常以其中最小的分度值代表该计量器具的分度值。如百分表上有两种分度值，其中最小的0.01mm即为百分表的分度值。

计量器具的分度值和精度在数值上相互适应。一般地说，分度值越小，就表示计量器具的精度越高。

（2）标尺间距　它是指刻度尺上相邻两刻线的中心距离。标尺间距太小，会影响估读精度；太大又会加大读数装置的轮廓尺寸。为了便于目力读数，一般量仪的刻度间隔为0.75～2.5mm。

（3）标尺范围　它是指计量器具所能显示或指示的最小值到最大值（即起始值到终止值）的范围。如千分尺的标尺范围一般是25mm。

（4）测量范围　它是指计量器具所能测量的最小到最大几何量值的范围。量具的标尺范围与测量范围是两个不同概念，如千分尺的测量范围有0～25mm、25～50mm、50～75mm、75～100mm等多种规格，而它的标尺范围均为25mm。

（5）灵敏度　它是指计量器具反映被测几何量微小变化的能力。如果被测几何量变化Δx，计量器具上反应的变量相应的变化为ΔL，则灵敏度S为

$$S=\Delta L/\Delta x$$

当上式中分子与分母是同一类量时，该灵敏度又称为放大倍数。一般地讲分度值越小，灵敏度就越高。

（6）示值误差　它是指计量器具的示值与被测几何量的真值之间的差值。示值误差是代数值，有正负值之分。计量器具的示值误差，可通过对该计量器具的检定来得到。计量器具产品标准中所规定的示值误差为其极限值。一般来说，示值误差越小，



计量器具的精度越高。

（7）修正值　它是指需用代数法加到示值上以得到正确结果的数值。对计量器具的示值进行修正时，修正值等于示值误差的绝对值，但符号相反。如示值误差为 -0.005mm，修正值便为 +0.005mm。修正值一般通过检定来获得。

（8）重复精度　它是指在相同条件下，如按同一方法，由同一操作者用同一测量器具，在同一测量地点于很短时间间隔内，对同一被测几何量连续进行多次测量时，所得测量值的分散范围。一般以测量重复性误差的极限（正负极限偏差）来表达。

（9）测量力　它是指在测量过程中计量器具与被测表面之间的接触力。在接触测量中，需要有适当的测量力，以保证可靠地接触，且保持恒定。但测量力太大，会引起变形，甚至损坏被测件和量具，因此，必须控制适当的测量力。在精密量具上，一般都带有控制测量力大小的机构，如千分尺上的棘轮装置。

102. 什么是计量器具的不确定度？常用计量器具的不确定度数值如何确定？

答：计量器具的不确定度，是表征由计量器具内在误差所引起的测得值偏离真值可能变动的区间。用该区间的误差极限来表示不确定度值。它是评定计量器具自身精度特性的一个质量指标，与工件特性及外界条件无关。

如前所述，标准中规定按内缩验收极限方式验收工件时，其所给定的安全裕度 A 不仅考虑到计量器具的不确定度，还包括由测量条件、人员条件等引起的不确定度。为了充分发挥计量器具的精度潜力，同时考虑到检验的经济性，应合理分配计量器具的不确定度与测量条件等所占安全裕度 A 值的比例。标准中规定计量器具的测量不确定度允许值（u_1）约为测量不确定度（u）的 0.9 倍。

为了便于具体选用计量器具，在有关技术指导文件中，推荐了常用计量器具的不确定度数值，包括有千分尺和游标卡尺的不确定度（表39），比较仪的不确定度（表40）和指示表的不确定度（表41）。

表 39　千分尺和游标卡尺的不确定度（单位：mm）

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">尺寸范围</th><th colspan="4">所使用的计量器具</th></tr>
<tr><th>分度值
0.01mm
外径千分尺</th><th>分度值
0.01mm
内径千分尺</th><th>分度值
0.02mm
游标卡尺</th><th>分度值
0.05mm
游标卡尺</th></tr>
<tr><th>大于</th><th>至</th><th colspan="4">不确定度</th></tr>
<tr><td>0</td><td>50</td><td>0.004</td><td rowspan="3">0.008</td><td rowspan="6">0.020</td><td rowspan="4">0.050</td></tr>
<tr><td>50</td><td>100</td><td>0.005</td></tr>
<tr><td>100</td><td>150</td><td>0.006</td></tr>
<tr><td>150</td><td>200</td><td>0.007</td><td rowspan="3">0.013</td></tr>
<tr><td>200</td><td>250</td><td>0.008</td><td rowspan="8">0.100</td></tr>
<tr><td>250</td><td>300</td><td>0.009</td></tr>
<tr><td>300</td><td>350</td><td>0.010</td><td rowspan="3">0.020</td><td rowspan="7"></td></tr>
<tr><td>350</td><td>400</td><td>0.011</td></tr>
<tr><td>400</td><td>450</td><td>0.012</td></tr>
<tr><td>450</td><td>500</td><td>0.013</td><td>0.025</td></tr>
<tr><td>500</td><td>600</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3">0.030</td></tr>
<tr><td>600</td><td>700</td></tr>
<tr><td>700</td><td>1000</td><td>0.150</td></tr>
</table>

注：1. 当采用比较测量时，千分尺的不确定度可小于本表规定的数值。

2. 当所选用的计量器具达不到 GB/T 3177 规定的 u_1 值时，在一定范围内，可以采用大于 u_1 的数值时，此时，需要按下式重新计算相应的安全裕度（A'），再由最大实体尺寸和最小实体尺寸分别向公差带内移动 A'值，定出验收极限。

$$A' = \frac{1}{0.9}u_1'$$

表 40　比较仪的不确定度　　（单位：mm）

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">尺寸范围</th><th colspan="4">所使用的计量器具</th></tr>
<tr><th>分度值为
0.0005mm
（相当于放大倍数 2000 倍）
的比较仪</th><th>分度值为
0.001mm
（相当于放大倍数 1000 倍）
的比较仪</th><th>分度值为
0.002mm
（相当于放大倍数 500 倍）
的比较仪</th><th>分度值为
0.005mm
（相当于放大倍数 200 倍）
的比较仪</th></tr>
<tr><th>大于</th><th>至</th><th colspan="4">不确定度</th></tr>
<tr><td>0</td><td>25</td><td>0.006</td><td rowspan="2">0.0010</td><td>0.0017</td><td rowspan="3">0.0030</td></tr>
<tr><td>25</td><td>40</td><td>0.0007</td><td rowspan="2">0.0018</td></tr>
<tr><td>40</td><td>65</td><td>0.0008</td><td>0.0011</td></tr>
</table>



（续）

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">尺寸范围</td><td colspan="4">所使用的计量器具</td></tr>
<tr><td>分度值为 0.0005mm（相当于放大倍数 2000 倍）的比较仪</td><td>分度值为 0.001mm（相当于放大倍数 1000 倍）的比较仪</td><td>分度值为 0.002mm（相当于放大倍数 500 倍）的比较仪</td><td>分度值为 0.005mm（相当于放大倍数 200 倍）的比较仪</td></tr>
<tr><td>大于</td><td>至</td><td colspan="4">不确定度</td></tr>
<tr><td>65</td><td>90</td><td>0.0008</td><td>0.0011</td><td>0.0018</td><td rowspan="3">0.0030</td></tr>
<tr><td>90</td><td>115</td><td>0.0009</td><td>0.0012</td><td rowspan="2">0.0019</td></tr>
<tr><td>115</td><td>165</td><td>0.0010</td><td>0.0013</td></tr>
<tr><td>165</td><td>215</td><td>0.0012</td><td>0.0014</td><td>0.0020</td><td rowspan="3">0.0035</td></tr>
<tr><td>215</td><td>265</td><td>0.0014</td><td>0.0016</td><td>0.0021</td></tr>
<tr><td>265</td><td>315</td><td>0.0016</td><td>0.0017</td><td>0.0022</td></tr>
</table>

注：测量时，使用的标准器由 4 块 1 级（或 4 等）量块组成。

表 41　指示表的不确定度　　（单位：mm）

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">尺寸范围</td><td colspan="4">所使用的计量器具</td></tr>
<tr><td>分度值为 0.001mm 的千分表(0 级在全程范围内，1 级在 0.2mm 内)，分度值为 0.002mm 的千分表(在 1 级范围内)</td><td>分度值为 0.001mm、0.002mm、0.005mm 的千分表(1 级在全程范围内)分度值为 0.01mm 的百分表(0 级在任意 1mm 内)</td><td>分度值为 0.01mm 的百分表(0 级在全程范围内，1 级在任意 1mm 内)</td><td>分度值为 0.01mm 的百分表(1 级在全程范围内)</td></tr>
<tr><td>大于</td><td>至</td><td colspan="4">不确定度</td></tr>
<tr><td>0</td><td>25</td><td rowspan="5">0.005</td><td rowspan="9">0.010</td><td rowspan="9">0.018</td><td rowspan="9">0.030</td></tr>
<tr><td>25</td><td>40</td></tr>
<tr><td>40</td><td>65</td></tr>
<tr><td>65</td><td>90</td></tr>
<tr><td>90</td><td>115</td></tr>
<tr><td>115</td><td>165</td><td rowspan="4">0.006</td></tr>
<tr><td>165</td><td>215</td></tr>
<tr><td>215</td><td>265</td></tr>
<tr><td>265</td><td>315</td></tr>
</table>

103. 什么是量块？它有什么用途？

答：量块是没有刻度的截面为矩形并具有一对相互平行测量面的实物量具，是用耐磨材料制成，其线胀系数小，不易变形，且耐磨性好。

量块的形状通常为截面呈长方形的六面体，如图83所示。量块上有两个平行的测量面和四个非测量面，测量面极为光滑平整，两测量面间具有精确尺寸。两测量面之间的距离，对应一定的标称尺寸。每个量块上均标记有标称尺寸值，标称尺寸小于6mm的量块标记在测量面上，等于或大于6mm的量块均标记在非测量面上。

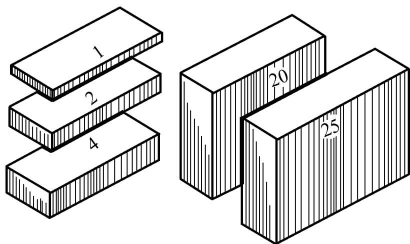


图83　量块

由于量块制造中也存在误差，两测量面也不可能绝对平行，因此规定以它的中心长度作为它的工作尺寸。所谓量块的中心长度，是指由上测量面的中心点（即两对角线的交点）至与此量块另一侧量面相研合的辅助体（如平晶）表面的垂直距离，如图84所示。

为满足生产的不同要求，国家标准GB/T 6093—2001《几何测量技术规范（GPS）　长度标准　量块》和JJG 146—2011《量块检定规程》中对量块精度规定有两种划分标准：一是以其长度的测量不确定度分等，共分为1、2、3、4、5五等；另一是以量块长度的偏差分级，规定有K、0、1、2、3五级。标准中对各等、级量块长度变动量和其他性能均规定有相应要求。上述等级的精度依次从高

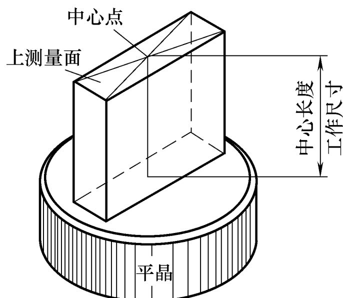


图84　量块的中心长度



至低排列。

量块分级的主要依据是：量块长度的极限偏差和长度变动量允许值。量块分等的主要依据是：中心长度测量的极限误差和平面平行性允许偏差。

量块按“级”使用时，应以量块的标称长度作为工作尺寸，该尺寸包含了量块的制造误差。但使用校对级 K 级量块时，则应对其标称长度给予修正。如标称长度为 30mm 的 K 级量块实际偏差为 -0.0003mm，则该量块的工作尺寸应为 29.9997mm。按“等”使用时，应以量块经检定后所给出的实测中心长度作为工作尺寸，该尺寸排除了量块制造误差的影响，但仍包含检定时较小的测量误差。因此，在精密测量时，量块按“等”使用比按“级”使用更准确。

量块主要用作尺寸传递系统中的工作基准，作为检定准确度基准或检定工作计量器具（如游标卡尺、千分尺等）；也用于精密定位、划线和精密机床的调整。有时也直接用来测量精密零件和量规。

104. 怎样正确地使用量块？

答： 量块都是按一定尺寸系列成套生产的，每一套包括有一定数量的不同标称尺寸的量块组成，根据 GB/T 6093—2001《几何量技术规范（GPS） 长度标准 量块》规定，成套生产的量块有 91 块、83 块、46 块和 38 块等多种规格。表 42 中列出了 91 块一套的量块组成。

表 42　91 块一套的量块组成

尺寸系列/mm	间隔/mm	块数
1.01 ~ 1.49	0.01	49
1.5 ~ 1.9	0.1	5
2.0 ~ 9.5	0.5	16
10 ~ 100	10	10
1.001 ~ 1.009	0.001	9
1	—	1
0.5	—	1

因量块测量面极为光滑、平整，且具有可研合的特性，即将两个量块的测量面贴合在一起，稍加压力便能紧密结合在一起，不会自行分开，这样便可组合成一个新的尺寸。量块的这种特性称为研合性。利用这种特性，便可在一定的尺寸范围内，利用不同尺寸的量块组合成所需要的各种尺寸。

由于每件量块都存在着中心长度和平行度误差，几块组合在一起后，误差就会增大。为此组合量块时，其块数应尽量少些，并应遵循下述原则：首先应选取能去除最小位数的量块，然后选取较大位数的量块，每选一块应能使所要组成的量块组尺寸至少减少一位。

例如，要组成87.545mm的量块组，选用量块的方法如下。

选用第一块量块尺寸	1.005mm
剩余尺寸	86.54mm
选用第二块量块尺寸	1.04mm
剩余尺寸	85.5mm
选用第三块量块尺寸	5.5mm
剩余为第四块量块尺寸	80mm
组成量块组尺寸	87.545mm

量块是极精密的量具，使用时应注意以下事项。

1）使用前，用汽油清洗干净（洗去防锈油），再用清洁的麂皮或软绸擦干。测量面上不得有灰尘、纤维或明显的油迹。

2）清洗后的量块不要直接用手去拿，应用软绸衬起来拿。量块放在工作台上时，应使量块非测量面与台面接触。

3）量块的研合方法如图85所示。将两量块呈30°交叉贴合在一起，用手前后微量地移动上面的量块（图85a），同时旋动使两量块的测量面转到平行方向（图85b）；然后沿测量面长边方向平行向前推动量块，直到两测量面完全贴合在一起（图85c）。

正常情况下，在研合过程中手指能感到研合力，两量块不必用压力就能贴附在一起。如果研合力不强，在旋转和推进研合



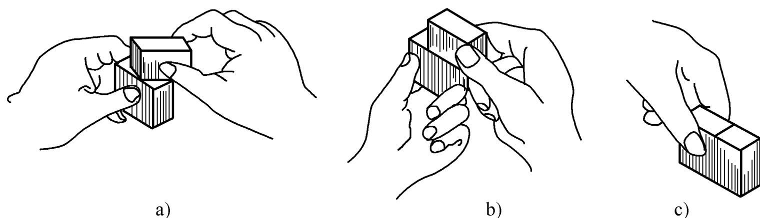


图 85　量块的研合方法

时，可施加一定的压力，但用力不宜过大，以免使小尺寸量块变形。研合过程中如有打滑、阻滞或刮磨感觉时，应立即停止研合。检查测量面是否有灰尘、污物或毛刺。

用小于 5mm 的量块与大尺寸量块研合时，应将小量块放在上面，以免损坏小量块。不得将非测量面与测量面放在一起研合。

4）量块用完后，应及时将研合在一起的量块拆开，并放到汽油中清洗干净，用软绸擦干后，涂上防锈油，放在专用的盒内。若需经常使用量块时，可在清洗后不涂防锈油，直接放入干燥缸内保存。绝不允许将量块长时间研合在一起，以免金属粘结损伤量块测量面。

105. 游标卡尺常见有哪些结构形式？其结构特点如何？

答：游标卡尺根据其测量范围不同，常见有以下几种形式。

1）测量范围为 0～125mm 的三用游标卡尺，如图 86 所示。尺身 1 与内侧固定量爪 2 和外侧固定量爪 9 制成一体。尺框 4 可沿尺身移动，并可通过紧固螺钉 5 固紧在尺身上。内侧活动量爪 3 和外侧活动量爪 8 与尺框制成一体。游标 7 也在尺框上。深度尺 6 置于尺身背面的长槽中，其一端卡在尺框内，随尺框一起移动。测量时，游标随尺框移动，通过游标与尺身上的刻线对应位置，读得测量值。通过上量爪可测零件内径及槽宽尺寸；下量爪可测外径、长度、宽度及厚度尺寸；深度尺可测深度尺寸。

2）测量范围为 0～200mm 和 0～300mm 以及更大尺寸范围的带有微动装置的游标卡尺，如图 87 所示。它与上述三用游标

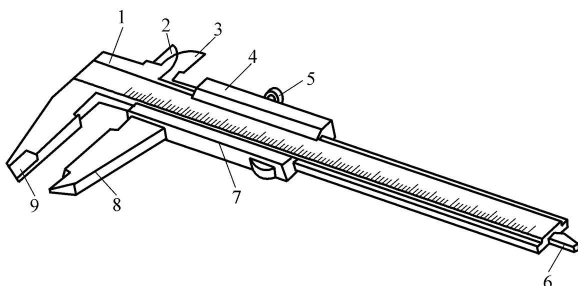


图86　三用游标卡尺

1—尺身　2—内侧固定量爪　3—内侧活动量爪　4—尺框　5—紧固螺钉
6—深度尺　7—游标　8—外侧活动量爪　9—外侧固定量爪

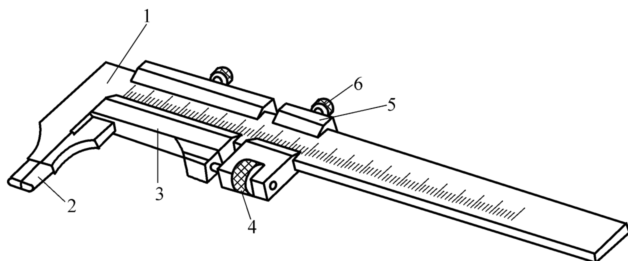


图87　带有微动装置的游标卡尺

1—尺身　2—量爪　3—尺框　4—微动螺母
5—微动尺框　6—紧固螺钉

卡尺构造基本相同，主要区别是：其尺框3的右侧装有微动尺框5。测量时，微动尺框可用紧固螺钉6固紧在尺身上，旋转微动螺母4可使尺框3沿尺身微量调节，以使量爪与被测表面紧密接触，使测量比较准确、操作方便。此外它只有一个量爪，该量爪的内侧面用于测量轴颈、厚度，用量爪的外侧面可测量内径。

106. 游标读数原理是什么？怎样正确读数？

答：游标卡尺的读数机构是由尺身刻线和游标刻线两部分组成。尺身与游标的刻线分度间隔不同，通常尺身刻线分度间隔为1mm，游标刻线则根据其测量精度不同，分为以下几种形式。



1）游标刻线分度间隔为0.9mm，读数值为0.1mm。如图88所示，其尺身刻线分度间隔为1mm，游标刻线分度间隔为0.9mm，两者刻线间隔差为1mm－0.9mm＝0.1mm。

当活动量爪与固定量爪贴合在一起时，游标上的零刻线正好对准尺身上的零刻线（图88a）。此时，若游标第1条刻线对准尺身第1条刻线，则表示偏移0.1mm，第2条刻线相对准，表示偏移0.2mm……依次类推。到游标第10条刻线恰好对准尺身第10条刻线时，则表示偏移1mm。

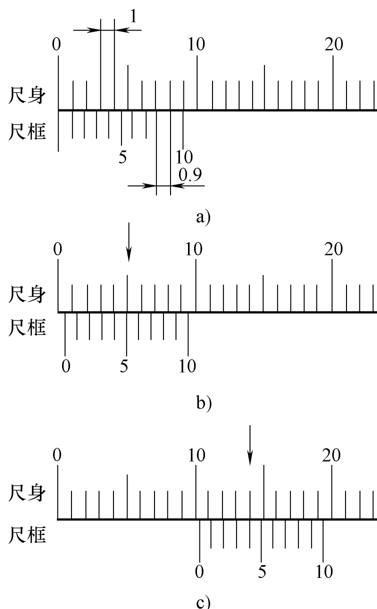


图88　游标刻线分度间隔为0.9mm的读数原理

由此可知，当游标上第1条刻线与尺身上第1条刻线对齐时（此时游标上其余刻线均不会与尺身刻线对齐），此时游标则向右移0.1mm。若游标第5条刻线与尺身第5条刻线对齐时（图88b），则使游标向右移0.5mm。

根据上述原理，采用上述刻度的游标卡尺进行测量时，就可以准确读出精度为0.1mm的数值。测量时读数方法是：先从游

标零线所指示尺身刻线位置，读出被测实际尺寸的整数值部分，再从游标刻线与尺身刻线对齐的位置，读游标刻线位置，即为小数点后一位数值。如图88c所示，按游标零刻线指示位置，由尺身上读得10mm，再找出游标上第4条刻线与尺身上刻线对齐，所以该被测尺寸为10.4mm。

2）游标刻线分度间隔为1.9mm，读数值仍为0.1mm，如图89所示。这种形式的游标卡尺与上述游标读数原理基本相同，只是为了便于读数，将游标刻线间隔由0.9mm扩大为1.9mm，使尺身上两格间距与游标刻线一格间距差为0.1mm（图89a），其读数方法与上述完全相同。图89b所示的某被测实际尺寸，读数时先由尺身刻线上读得32mm，然后找出与尺身刻线相对齐的游标刻线位置，游标上第3条刻线与其对齐，所以该被测尺寸为32.3mm。

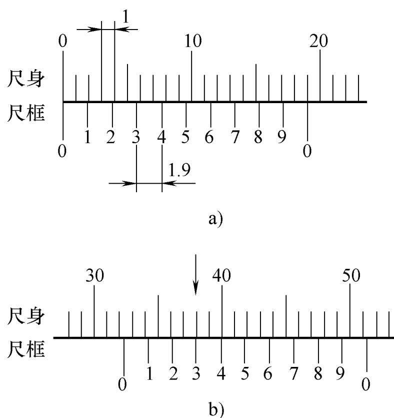


图89　游标刻线分度间隔为1.9mm的读数原理

3）游标刻线分度间隔为0.95mm，读数值为0.05mm，如图90所示。它的尺身刻线为1mm，而游标刻线是在尺身19格刻线范围内进行20等分，故该游标刻线间距为19mm÷20=0.95mm，即尺身刻线1格与游标刻线1格之间长度差为1mm－0.95mm=0.05mm。游标刻线所示数值，表示与尺身刻线对齐位置所指小数



点后长度值（此时每格表示0.05mm）。图90b所示尺寸，先由尺身刻线数得32mm，然后依次查找游标与尺身刻线对齐位置，游标刻线55与尺身刻线对齐，故该被测长度应为32.55mm。

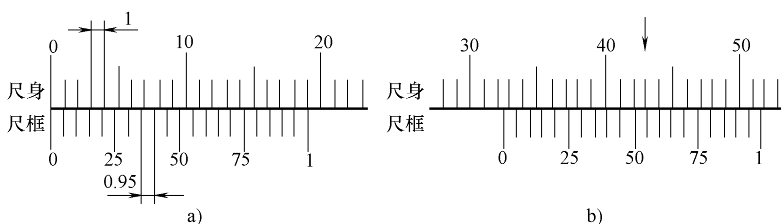


图90　游标刻线分度间隔为0.95mm的读数原理

4）游标刻线分度间隔为1.95mm，读数值为0.05mm，如图91所示。该形式游标刻线也是采用放大间隔的办法，即在尺身39mm的范围内，将游标刻线进行20等分（图91a），所以它的刻线间距为39mm÷20=1.95mm，尺身每两格与游标一格之间差为2mm-1.95mm=0.05mm。它的读数方法与上述游标刻线分度间隔0.95mm的相同。图91b所示的被测尺寸，由尺身刻线上读得2mm，再沿游标刻线找出与尺身刻线对齐位置为75，所以该被测长度为2.75mm。

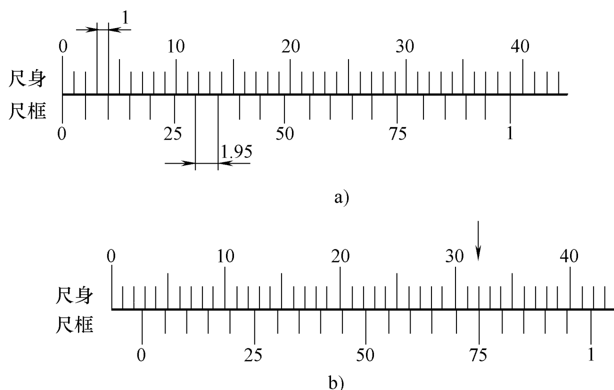


图91　游标刻线分度间隔为1.95mm的读数原理

5）游标刻线分度间隔为0.98mm，读数值为0.02mm，如图92所示。它的尺身刻线间隔为1mm，而游标刻线是在尺身49格刻线间进行50等分（图92a），故其刻线间距为49mm ÷ 50 = 0.98mm，即尺身刻线与游标刻线每格间相差1mm - 0.98mm = 0.02mm。它的读数方法与上述基本相同，只是每一游标刻线表示0.02mm。图92b所示的被测尺寸，由尺身刻线读得32mm，再沿游标刻线找出与尺身刻线对齐位置“2”的右侧一格，即表示该被测尺寸为32.22mm。

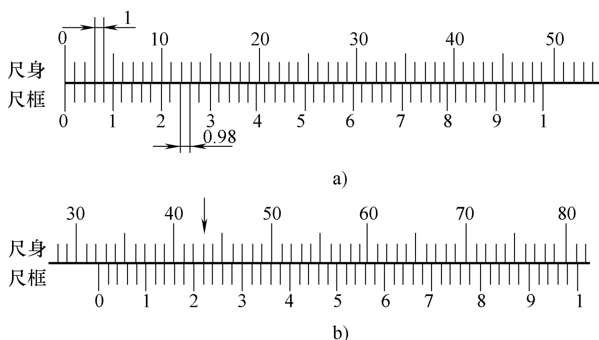


图92　游标刻线分度间隔为0.98mm的读数原理

107. 怎样正确使用游标卡尺？

答：游标卡尺使用方法是否正确，直接影响测量精度，使用时应遵守下列规则。

1）使用前应将游标卡尺擦拭干净，然后拉动尺框，沿尺身滑动应灵活、平稳，不得有时紧时松或卡滞现象。用紧固螺钉固定尺框时，读数不应发生变化。

2）检查零位。轻轻推动尺框，使测量爪的测量面合拢，检查两测量面接触情况，不得有明显漏光现象。同时检查尺身与游标的零刻线是否对齐。

3）测量时，用手轻轻推或拉动尺框，使量爪与被测零件表面轻轻接触，然后轻轻晃动游标卡尺，使其接触良好。使用带有



微动尺框的游标卡尺时，先使量爪与被测件刚好接触，固定微动尺框，然后旋转微动螺母，使尺框做微量移动，直至接触良好。

游标卡尺没有测力机构，全凭操作者手感掌握，不得用力过大，以免影响测量精度。

4）测量外形尺寸时，应先将游标卡尺的活动量爪张开，使零件能自由地放入两量爪间，然后将固定量爪贴靠在零件表面上，用手移动尺框，使活动量爪紧密贴靠在零件表面上，如图93所示。注意：游标卡尺两测量面连线应垂直被测量面，不得倾斜，如图93下方所示。

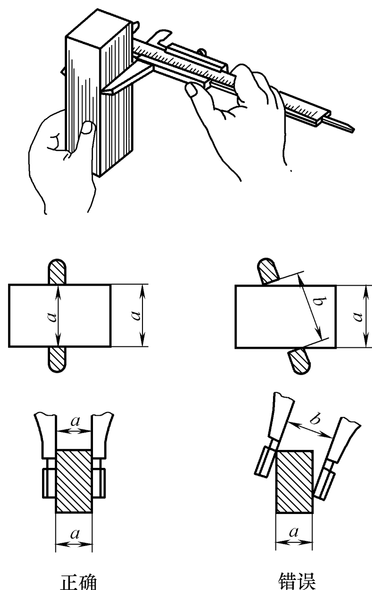


图93　外形尺寸的测量

测量时，不得使量爪间的距离小于被测尺寸，而强制将量爪卡到零件上。也不允许在旋转着的零件上测量，以免量爪产生变形或过早磨损，影响测量精度。

5）测量内径尺寸时，应将两量爪分开且距离小于被测尺

寸，放入被测孔内后，再移动量爪使其与零件内表面紧密接触，如图 94 所示。此时用紧固螺钉固定好尺框，轻轻取下游标卡尺进行读数。

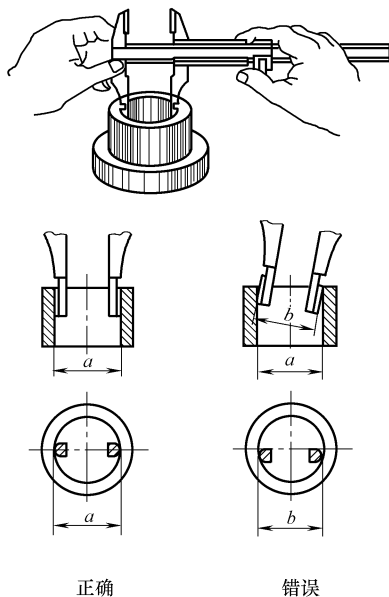


图 94　内径尺寸的测量

测量圆孔时，应使游标卡尺两测量面位于孔的直径位置处，且不得歪斜，如图 94 下方所示。

测量沟槽尺寸时，应使游标卡尺两量爪连线垂直于沟槽面，不得歪斜，如图 95 所示。

6）游标卡尺量爪测量面有多种形状，如平面形外测量面、刀口形外测量面、圆弧形内测量面和刀口形内测量面等。测量时，应根据被测零件的形状正确选用。如测量平端面和圆柱形外尺寸，应选用平面形外测量面；测量内尺寸应选用圆弧形或刀口形内测量面；测量沟槽及凹形弧面，则应选用刀口形外测量面。如图 96 所示，该工件测量面为凹形弧面沟槽，测量沟槽底部直



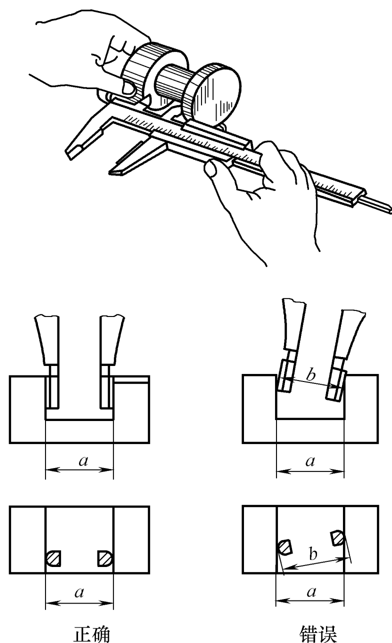


图 95　沟槽尺寸的测量

径尺寸时，只能选用刀口形外测量面，而不能用平面形外测量面。

7）读数时，游标卡尺应水平拿着，并朝向光亮方向，使视线正对刻线表面，然后按读数方法仔细辨认指示位置，以免因视线不正造成读数误差。

注意：当采用下量爪外侧表面测量内径时（图 94），读取结果一定要把量爪的厚度尺寸加进去。应特别注意修理过的量爪尺寸可能小于 10mm，其实际尺寸一般都标记在量爪的侧面上。

108. 高度游标卡尺的构造是怎样的？怎样正确使用高度游标卡尺？

答：高度游标卡尺主要由尺身 2、尺框 3 和基座 1 等部分组

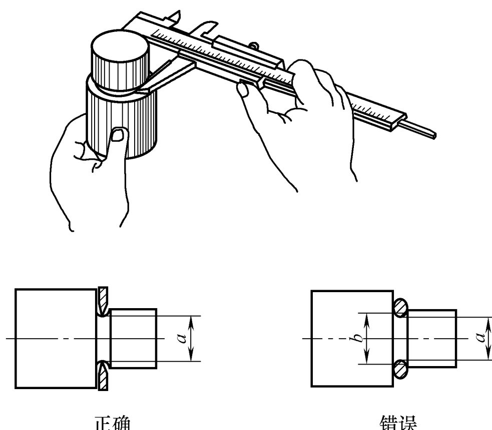


图96　量爪测量面选择

成，如图97a所示。尺身与基座牢固地连接在一起，量爪8或划线量爪7通过夹持器6固定在尺框上。尺身刻线和游标刻线的读数原理与上述游标卡尺完全相同。

正确使用高度游标卡尺的方法如下。

1）使用前应擦拭干净。尺框沿尺身移动应平稳、灵活，松开尺框紧固螺钉后，尺框不应自行滑落。

2）零位检查，应在平台上进行。将基座底面擦干净放在平板上，用手压住基座四周时，不得有晃动感觉。装上量爪，推下尺框，使量爪与平板紧密接触。此时游标上的零线与尺身零线应对齐。

3）测量时，将被测零件和高度游标卡尺置于同一平板上。移动尺框，使量爪测量面接近被测表面，旋紧微动尺框紧固螺钉，使微动尺框固定在尺身上，通过旋动微动螺母5，使量爪与被测表面紧密接触，如图97b所示。此时可由尺身和游标刻线上读得被测高度尺寸。

如果用量爪的上测量面进行测量时，如图97c所示，游标卡尺读数应加上量爪尺寸b，才是被测零件的实际尺寸。若采用高



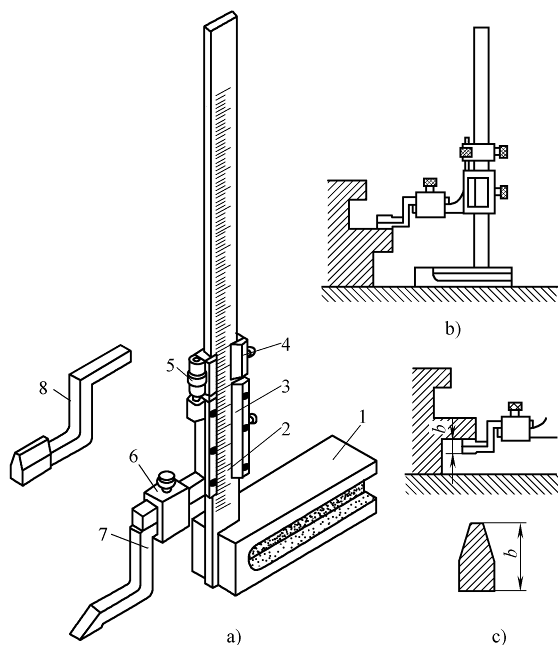


图 97　高度游标卡尺

1—基座　2—尺身　3—尺框　4—微动尺框　5—微动螺母　6—夹持器　7—划线量爪　8—量爪

度游标卡尺进行零件划线时，可将量爪更换为划线量爪。

109. 深度游标卡尺的特点是什么？怎样正确使用深度游标卡尺？

答：深度游标卡尺主要由尺身 1、尺座 3、游标 2 等组成，如图 98 所示。尺身在尺座中间滑道中可上下滑动，以改变尺身下端测量面与尺座底部测量面的相对位置，用以测量各种深度尺寸，其读数原理与上述游标卡尺完全相同。

正确使用深度游标卡尺的方法如下。

1）零位检查。擦净尺身与尺座测量面，把尺座的测量面平



放在平板上，用左手压紧，然后用右手向下推动尺身，使其下端测量面与平板紧密接触。此时，游标的零刻线和尺身的零刻线应对齐。

2）测量时，应先松开紧固螺钉，把尺座放在被测零件上，用左手压稳，右手向下轻推尺身，当感到下端面与被测面紧密接触后，旋紧紧固螺钉，取下读数。

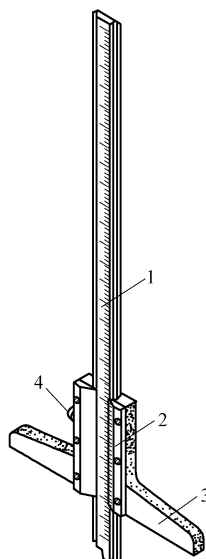


图98　深度游标卡尺

1—尺身　2—游标

3—尺座　4—紧固螺钉

110. 千分尺的工作原理是怎样的?

答：千分尺是通过测微螺旋副来测定零件尺寸的。测微螺旋副由测微螺杆与螺母构成。当螺杆在螺母中旋转时，通过螺纹的作用使螺杆产生轴向移动，从而改变两测量面之间的距离。当测微螺杆旋转一周时，两测量面之间距离改变一个螺距。

千分尺的读数机构是由固定套筒1和微分筒2组成，如图99所示。在固定套筒上刻有一条纵线，在线上、下方分别刻有25条分度刻线，上排线的起始位置与下排线位置

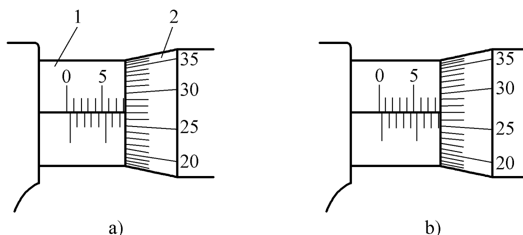


图99　千分尺的读数机构

1—固定套筒　2—微分筒



错开0.5mm。两排刻线实际上就是分度间隔为0.5mm的刻度尺。常用千分尺的测微螺杆螺距为0.5mm。因此，与螺杆连在一起的微分筒每转动一圈，便产生0.5mm的轴向位移。

在微分筒的圆周斜面上，沿周向刻有50条等分线，由于测微螺杆的螺距为0.5mm，所以，微分筒上刻线的分度值为0.5mm÷50=0.01mm，即微分筒每移动一个分度间隔，测微螺杆轴向移动量为0.01mm。微分筒转动量不足一个分度间隔时，可估计读数。

微分筒的转动圈数是由固定套筒上的纵刻线指示，微分筒的棱边作为固定套筒上毫米整数的指示线。读数时，首先根据微分筒棱边指示位置，读出被测尺寸整数值，然后再根据微分筒周边刻线与固定套筒上的纵刻线对应位置，读出小数值。注意：读小数数值一定要从固定套筒纵线下方分度刻线读起，即判别微分筒旋转位置是否超过半格，以便正确确定其小数值。

如图99a所示，其读数整数值为8mm，然后从固定套筒纵线下方分度刻线判断其小数值是在0.5mm之上还是之下，从图中看出8mm右侧下方刻线没有示出，表示该小数值小于0.5mm，可由微分筒上直接读出0.27mm，故该被测尺寸为8.27mm。

又如图99b所示被测尺寸，在固定套筒8mm刻度线右侧纵刻线下方刻线已露出，表示其小数部分数值大于0.5mm，故其小数部分除从微分筒分度刻线读得0.27mm外，还应加0.5mm，故该被测实际尺寸应为

$$8mm + 0.5mm + 0.27mm = 8.77mm$$

111. 外径千分尺的构造是怎样的？怎样正确使用外径千分尺？

答：外径千分尺主要由尺架1、固定测砧2、测微螺杆3、固定套筒5、微分筒6和测力装置8等组成，如图100所示。尺架的一端装着固定测砧，另一端安装着测微螺旋机构。

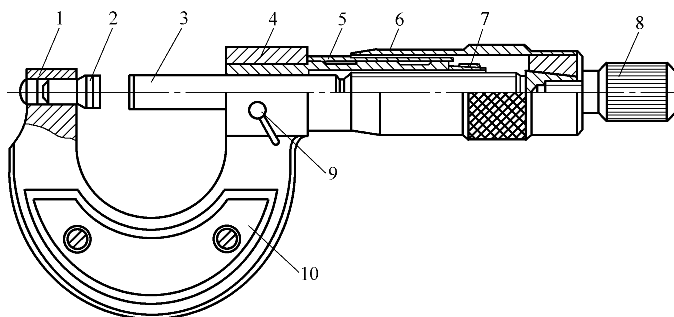


图100　外径千分尺

1—尺架　2—固定测砧　3—测微螺杆　4—螺纹轴套　5—固定套筒
6—微分筒　7—螺母　8—测力装置　9—制动器　10—隔热板

固定套筒5通过螺纹轴套4固定在尺架上，测微螺杆3外伸端为测量杆，中间为精度很高的外螺纹，与螺纹轴套4上的内螺纹精密配合，其右端通过内螺纹与测力装置8相连。

测力装置为棘轮机构。测量时，用手转动测力装置，带动测微螺杆和微分筒一起转动。当测微螺杆的测量面与被测零件相接触，达到规定的测量力后，棘轮开始空转，并发出响声，从而控制千分尺的测量力。

拨动制动器9，可锁紧测微螺杆，以便将千分尺从被测零件上取下读数。

千分尺测微螺杆的精度很高，若将螺杆做得很长，就会给加工带来困难，为此千分尺工作范围一般为25mm。为了扩大测量范围，可将尺架增大，得到多种不同测量范围。

千分尺是一种应用很广泛的精密量具，使用中应注意以下事项。

1）使用前，应将两测量面擦拭干净。转动测力装置时，微分筒应转动灵活，不得有卡滞现象。

2）零位检查。转动测力装置，使两测量面接触。对于测量



范围大于25mm的千分尺，应在两测量面之间放入校对棒或相应的量块，如图101所示。首先检查测量面处接触状况，不得有漏光现象。同时，微分筒上的零位刻线应与固定套筒上纵刻线对正。

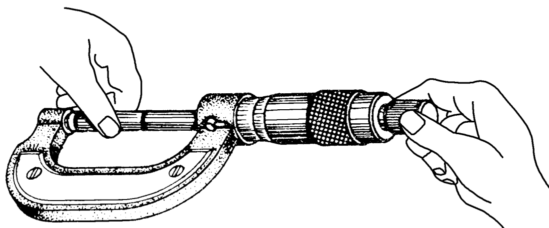


图101　外径千分尺零位检查

3）被测零件检测前应清洗干净，否则不仅影响测量精度，也容易损坏千分尺的测量面。严禁用千分尺测量粗糙表面或带有研磨剂的表面。

4）测量时，应用测力装置旋转测量杆，以保持标准测量力。不允许用旋转微分筒直接挤压测试表面。

5）测量时，可在旋转测力装置的同时，轻轻晃动尺架，以使测量面与零件表面良好地接触，并使测量杆轴线方向与被测尺寸方向一致。

6）读数时，最好直接在零件上读取，以免取下时磨损测量面。如果需要取下读取时，应将制动器扳下，然后轻轻从零件上取下千分尺。注意：读数时不要忘记分辨0.5mm的指示数值。

7）为防止人体温传给千分尺，影响测量精度，使用千分尺时，应手持绝热板进行测量。

112. 杠杆千分尺的构造是怎样的？怎样正确使用杠杆千分尺？

答：杠杆千分尺的构造与外径千分尺基本相似，如图102所

示。其中测微螺旋机构部分两者完全相同。主要区别是：外径千分尺的固定砧处改为微动测杆1，并通过杠杆齿轮传动机构，把微动测杆的直线位移，转变为指针8的角位移，并在刻度盘9上指示出读数。刻度盘的分度值有0.002mm和0.001mm两种。

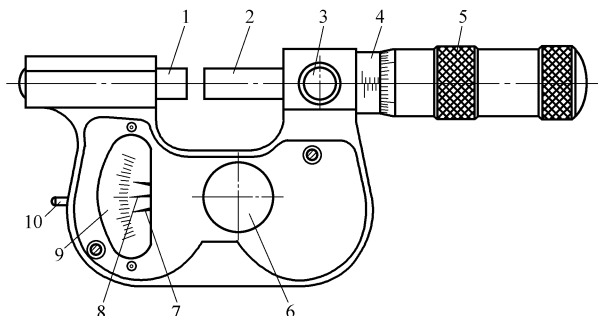


图102　杠杆千分尺

1—微动测杆　2—测微螺杆　3—制动器　4—固定套筒　5—微分筒　6—保护帽　7—公差指针　8—指针　9—刻度盘　10—拨叉

为了测量工作方便，杠杆千分尺上还装有公差指针7和拨叉10。使用前先根据零件的公称尺寸校对指针零位，然后根据给定的尺寸上、下极限偏差，调整公差指针位置。测量时，只要指针指示在公差指针之间，即为合格；指示于公差指针之外，则不合格。

杠杆千分尺的使用方法与要求，与前述外径千分尺基本相同，主要差异在读数方法上。

杠杆千分尺有两种测量方法。

1）绝对测量法。测量时，除按前述外径千分尺的方法，除由固定套筒上读取整数值，由微分筒上读取小数后两位数值外，还应从刻度盘上读取小数点后第三位数值（即千分之几毫米）。



2）比较测量法。根据零件的公称尺寸组合成量块组，放到杠杆千分尺两测量面之间，校对指针的零位（不必考虑微分筒零刻线位置)；然后旋紧制动器，按动拨叉，取出量块组。把被测零件放入两测量面之间，由刻度盘上读出零件的实际偏差。若同类零件生产批量较大时，可按上述公差指针定位的办法，指示出零件的公差范围，以判定零件是否合格。

113. 内径千分尺的构造是怎样的？怎样正确使用内径千分尺？

答：内径千分尺是一种带有可换接杆的内孔尺寸量具，用于测量内径和内侧面间的尺寸。它主要由测微螺旋机构和测头体2、球形测头1等组成，如图103所示。其中测微螺旋机构与外径千分尺完全相同，不同点是没有尺架，而在测头体2和微分筒5外侧各装一个球形测头，以此作为两测量面。为了扩大其测量范围，还可配以不同长度的接长杆，用以测量不同长度范围的内径长度尺寸。

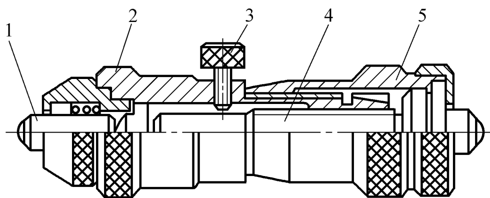


图103　内径千分尺

1—球形测头　2—测头体　3—锁紧装置　4—测微螺杆　5—微分筒

正确使用内径千分尺应注意以下事项。

1）使用前，先用校对量规检验内径千分尺的测量下限示值是否正确。

2）合理选择量具的支承位置，使内径千分尺自重变形量为最小。特别是测量大尺寸，应尽量减小量具自重变形而引起的测量误差。

3）内径千分尺没有测力机构，测量力主要凭手感掌握，一般使测头与被测表面刚好接触为止。

4）测量两平行内表面时，应将一端球形测头支承在一个被测面上，保持位置不变，使另一测量端做前后左右移动，同时调节微分筒，直到测头刚好与被测表面接触，且微分筒上的读数为最小，此时测量结果就是被测的实际尺寸。

5）测量圆孔内径时，方法与上述相同，在沿内孔轴平面内摆动时，取最小尺寸作为读数值。在沿内径径向平面内摆动时，则应取最大尺寸作为读数值。

6）使用完毕后，应将内径千分尺垫平放置于盒内，或垂直吊置，避免产生变形。

114. 深度千分尺的构造是怎样的？怎样正确使用深度千分尺？

答：深度千分尺是由测微螺旋机构和底座4等组成，如图104所示。其中测微螺旋机构与外径千分尺完全相同，把它固定在底座4上，由底座下表面和测量杆端面作为测量面。

深度千分尺的正确使用方法如下。

1）检测前，应将深度千分尺测量面和被测量面擦拭干净。

2）校对零位。将深度千分尺微分筒旋至零刻线之外（如有接杆应拆除），然后将底座测量面放在平板上，并用左手稍加压力压稳底座，用右手转动测力装置。当测量杆与平板接触后，测力装置的棘轮开始空转并发出声响，此时微分筒的零刻线应与固定套筒的纵刻线对齐。若有接杆时，可用相应尺寸的校对环进行校对。

3）测量时，应使底座测量面与被测零件表面紧密接触，用测力装置移动测量杆，以保持恒定的测量力。

115. 百分表的构造是怎样的？怎样正确使用百分表？

答：百分表是一种指示式量具。它是将被测尺寸的微小变化，通过放大机构（如齿轮传动机构、杠杆齿轮传动机构等）进行放大，然后将被测尺寸的变化由指针在刻度盘上指示出来。



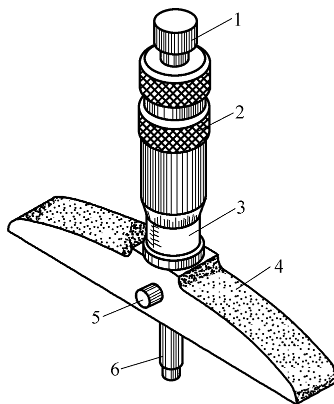


图 104　深度千分尺

1—测力装置　2—微分筒　3—固定套筒

4—底座　5—制动器　6—测量杆

百分表主要由表体 1、表盘 3、指针 9、测杆 7 和内部传动系统等组成，如图 105 所示。测杆可沿套筒 6 上下移动，通过表内传动齿轮带动指针 9 转动。在表盘 3 的圆周上刻有 100 个等分刻度，测杆上下移动 1mm，指针转动一圈。因此，指针转动一格，表示测杆移动 0.01mm。百分表上还有一个转数指示盘 10，当指针 9 转动一圈时，转数指示盘上的小指针转过一格，因此，转数指示盘上每格代表 1mm。

百分表内部传动系统，如图 106 所示。当带有齿条结构的测杆 1 上下直线移动时，通过齿轮 z_1、z_2 带动齿轮 z_3 转动，与齿轮 z_3 固定在一起的指针 2 也随之转动。为了减少齿轮啮合间隙引起误差，在补偿齿轮 z_4 上装有游丝 3，其扭矩通过补偿齿轮传至整个齿轮系，使传动机构中的齿轮副在正反行程时，都保持单向齿廓啮合。百分表的测量力则由测力弹簧 4 控制。

百分表正确使用方法如下。

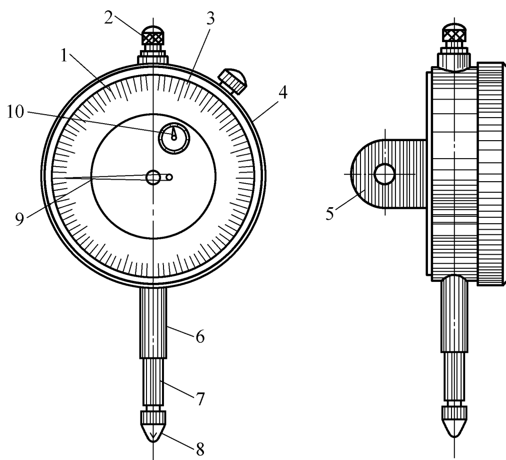


图 105　百分表

1—表体　2—圆头　3—表盘　4—表圈　5—耳座　6—套筒

7—测杆　8—测头　9—指针　10—转数指示盘

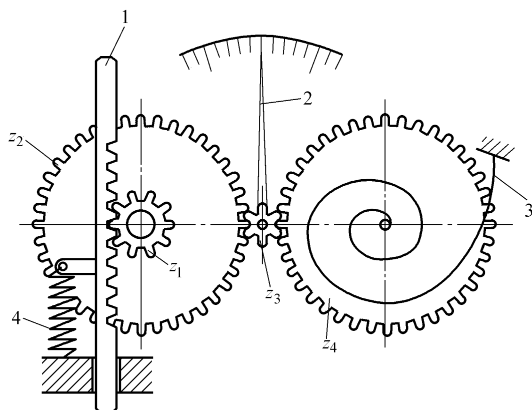


图 106　百分表内部传动系统

1—测杆　2—指针　3—游丝　4—弹簧

1）使用百分表时，应将它固定在稳定的表架上，如图 107 所示。常用百分表架有：万能表架（图 107a）、可放在平板或机



床导轨表面上进行测量；磁力表架（图107b），其利用磁力可吸附在铁合金零件上进行测量。此外，当用于大批零件检测时，可制成固定式支架。

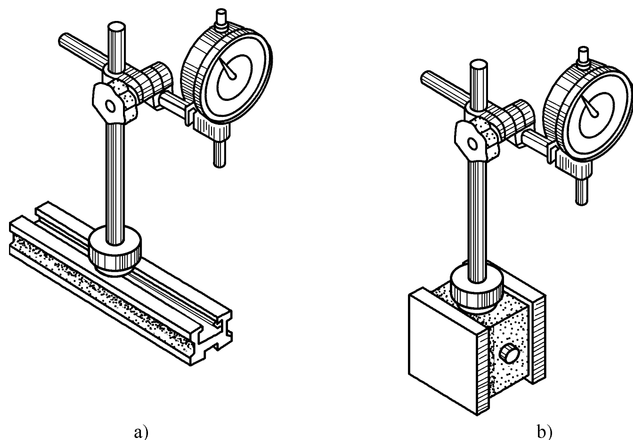


图107　百分表架

2）使用前，应将百分表测杆上的油脂、污物，用干净的汽油擦洗干净。

检查测杆活动的灵活性。用手轻轻推动测杆，检查其移动是否灵活，不得有卡滞现象，且在每次放松后，指针应回复到原指示位置。

3）根据被测零件的形状和材料选用测头。通常球形零件用平面测头，圆柱形或平面零件应选用球面测头，凹形面或复杂表面则应选用尖测头，但软金属材料不宜用尖测头。

4）测量时，测杆必须垂直于被测表面，测头与零件接触时，应使测杆有0.3～1mm预压缩量（即使指针转过半圈左右）。然后转动表圈，使表盘的零位刻线对准指针。

用手轻轻提拉测杆上端圆头，然后放松，检查指针指示零位有无变化。当指示零位稳定后，再开始测量。

5）使用时，测量范围不得超过测杆的行程。不得使测头突

然撞击到零件上，不要使百分表受到振动和冲击，也不要把零件强行推入到测头下，以免损伤百分表的精度。

6）耳座或套筒是百分表装夹部位。用套筒固定百分表时，夹紧力不要过大，以免引起套筒变形，造成测杆卡死。

116. 杠杆百分表的构造是怎样的？怎样正确使用杠杆百分表？

答：杠杆百分表是利用杠杆齿轮机构制成的指示量具。它主要由表体4、表盘3、指针2、测头5和换向器6等组成，如图108所示。

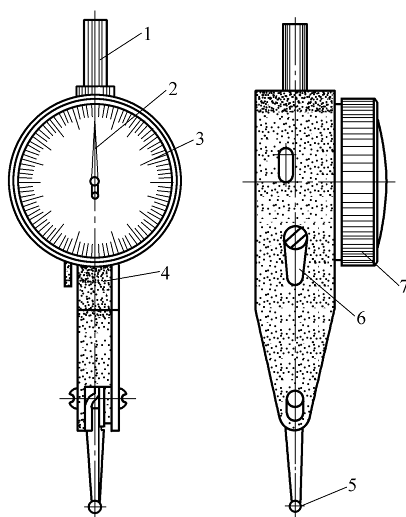


图108　杠杆百分表

1—连接杆　2—指针　3—表盘　4—表体

5—测头　6—换向器　7—表圈

当杠杆百分表测头绕其支承摆动时，通过杠杆齿轮机构带动指针旋转。测头沿垂直其中心轴线移动0.01mm时，指针沿分度盘转过一格。



杠杆百分表外形尺寸小，灵敏度高，且测头可回转 180°，因此可用来测量空间尺寸及尺寸较小的孔、窄槽等。

杠杆百分表测量方向与上述百分表不同，其测量方向应垂直于测头的中心轴线，如图 109a 所示。可通过换向器调整测头方向。若因某种原因不能使测头中心轴线与被测方向垂直时，将产生测量误差，如图 109b 所示。为消除此误差，可按下式计算求得被测实际尺寸。

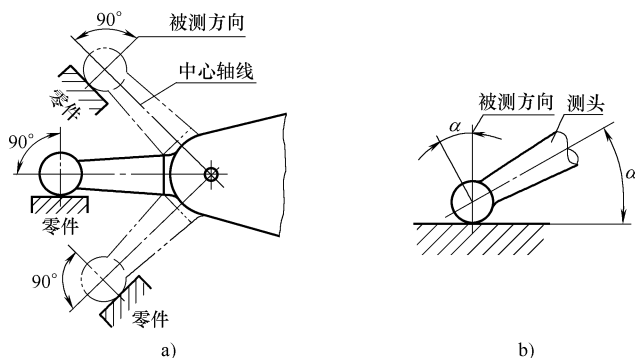


图 109　杠杆百分表测量方法

$$L_{实} = L_{读}\cos\alpha$$

式中　$L_{实}$——被测实际尺寸值（mm）；

$L_{读}$——测量读数值（mm）；

α——测量倾斜角（°）。

117. 内径百分表的构造是怎样的？怎样正确使用内径百分表？

答： 内径百分表实际是由杠杆式测量架和百分表组合而成的指示表，如图 110 所示。

由表杆 3 和三通管 4 构成的测量架内，装有杠杆式传动装置。在三通管一端装有活动测头 5，另一端装有可换测头 9。活动测头通过杠杆 8 与活动杆 11 相连。活动杆另一端与百分表 1 的测杆相接触。

当活动测头沿水平方向移动时，便推动杠杆产生回转运动。杠杆另一端又推动活动杆，带动百分表测杆上下移动，由百分表指针指示出读数来。

由于杠杆的两端触点到回转轴线间是等距的，因此，活动测头水平方向移动距离与活动杆垂直方向的移动距离完全相同，所以由百分表指示出的位移量等于活动测头的位移量。可换测头与活动测头两侧面间尺寸变化，便可由百分表直接测得。

内径百分表是一种比较测量量具，其使用方法如下。

1）使用前，首先根据被测尺寸选择可换测头。每只表均配有一组可换测头，适用于一定的测量范围（在测头上均用数字标出）。

选好可换测头后，将它安装到内径百分表上，并用扳手旋紧螺母加以固定。然后用规定尺寸的标准环规调整内径百分表的零位。

2）测量内孔时，应使内径百分表的测量线位于被测孔的直径方向上。在内径百分表测头处设有定位护桥 6 定心机构。测量时，只要将内径百分表在孔的轴平面内来回摆动，如图 111 所示，取其最小指示值作为测量结果。

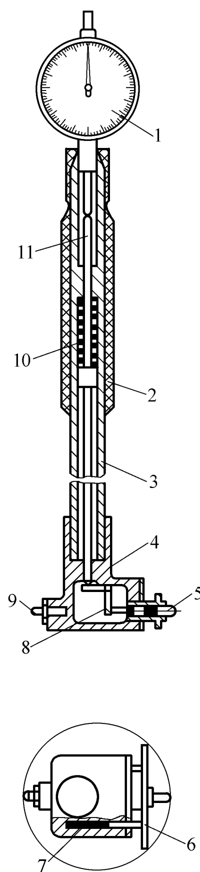


图 110　内径百分表

1—百分表　2—隔热手柄
3—表杆　4—三通管
5—活动测头　6—定位护桥
7、10—弹簧　8—杠杆
9—可换测头　11—活动杆

测量槽宽时，则应在径向和轴向找其最小值作为测量结果。



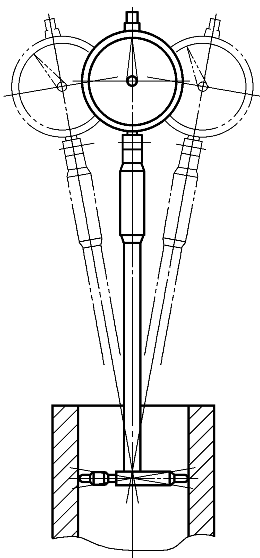


图 111　内径百分表的测量方法

118. 什么是测量方法？测量方法可分为哪些类别？

答：测量方法是指测量方式、测量条件和计量器具的综合要求，也就是通常所说获得测得值的方式。

测量方法常见有以下几种分类方法。

1）根据零件是否直接测量被测参数，可分为直接测量和间接测量。

直接测量是指被测几何量的数值直接由计量器具读出。例如，用游标卡尺测量轴颈，便能直接从卡尺读出轴径的尺寸。

间接测量是指被测几何量的数值由实测的几何量的数值按一定的函数关系式运算后获得。例如，利用两个直径分别为 D_1 和 D_2 的钢球，测量锥孔的圆锥角，实测几何量为钢球顶点到基面的距离 H_1 和 H_2，根据几何关系便可计算出该锥孔的实际圆锥角（图 155）。

2）按测量时是否与标准器比较，可分为绝对测量和相对

测量。

绝对测量是指测量时被测几何量的数值由计量器具的显示系统直接读出。例如，用千分尺测量轴颈，其实际尺寸由测微螺旋机构直接读出。

相对测量是指测量时先用标准器调整计量器具零位，再由读数装置读出被测几何量相对于标准器的偏差。

相对测量法使计量仪器的结构大大简化。一般来说，相对测量的精度较高些。

3）按同时测量被测几何量的多少，可分为单项测量和综合测量。

单项测量是指分别而独立地测量零件上各个几何量。例如，测量螺纹时分别测量中径、螺距、牙型半角。

综合测量是指同时测量零件上某些相关的几何量的综合结果，以判断综合结果是否合格。例如，用螺纹通规检验螺纹的作用中径。

4）按测量时是否有机械测量力，可分为接触测量和非接触测量。

接触测量是指量具（或量仪）的测量元件与被测零件的表面直接接触，并有机械作用的测量力存在。

非接触测量是指量具（或量仪）的测量元件与被测零件的表面不发生机械接触，即测量力为零。例如，用投影法测量零件。

5）按测量在加工过程中所起的作用，可分为主动测量和被动测量。

主动测量是指在加工过程中对零件进行测量，用来控制零件的加工过程，决定是否需要继续加工或调整机床，以及时防止废品产生。

被动测量是指在加工后对零件进行测量，其测量结果主要用来发现并剔除废品。

6）根据测量时零件所处状态，可分为静态测量和动态



测量。

静态测量是指零件在静止状态下进行测量。

动态测量是指零件在运动中进行测量和取读数。动态测量生产率高，并能测出零件上一些参数连续变化的情况，一般用于体现运动精度的参数测量。

119. 测量方法的选择原则是什么？

答：选择测量方法是对测量方式、测量条件和计量器具综合的选定。测量方法多种多样、各具特点，选用时，必须根据具体生产情况，如生产规模、生产率要求、零件的形状及尺寸大小以及精度要求和工厂的实际条件等进行选择。

测量方法的选择原则如下。

1）测量方式和计量器具应与测量目的、生产批量、零件的结构尺寸及精度要求、材质、重量等相适应。例如，测量目的是为了分析工艺原因，则一般采用单项测量；在成批和大量生产条件下，为了提高测量效率，常用量规、检验夹具等专用测量器具；在单件或小批生产中则常用通用量具、量仪；被测零件的材质硬，多用接触测量，反之则用非接触测量。

2）计量器具的选择，首先应使其规格指标应能满足被测零件的要求，即所选计量器具的测量范围、标尺范围、分度值、测量力应能满足被测零件的要求。例如，用相对测量的量具(仪)，其标尺的标尺范围应大于被测零件的公差；被测零件的尺寸应在量具的测量范围内。

计量器具精度的选择原则是：按照计量器具的测量不确定度允许值 u_1 选择计量器具。选择时，应使所选用的计量器具的测量不确定数值等于或小于选定的 u_1 值（表38）。

计量器具的测量不确定度允许值 u_1 按测量不确定度 u 与零件公差的比值分档：对 IT6 ~ IT11 的分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三档，对 IT12 ~ IT18 的分为Ⅰ、Ⅱ两档。选用时，一般情况下优先选用Ⅰ档，其次选用Ⅱ档、Ⅲ档。

例　选择 $\phi35e9\left(\begin{smallmatrix}-0.050\\-0.112\end{smallmatrix}\right)$ 所需计量器具。

1）根据零件公差等级IT9，由表38中查得相应的计量器具的测量不确定度允许值 u_1 =5.6μm（Ⅰ档）。

2）零件尺寸35mm是在表39中规定的0～50mm尺寸范围内。由表39查得：分度值为0.01mm的外径千分尺，其不确定度为0.004mm，该值小于允许值 u_1 =0.0056mm，故可满足要求。

光滑极限量规

120. 什么是光滑极限量规？它在生产中有何用途？

答：光滑极限量规是一种没有刻度的专用检验工具。用它来检验零件时，只能确定零件是否在允许的极限尺寸范围内，而不能测得零件的实际尺寸。

如图 112 所示，检验零件上孔的实际尺寸是否合格。图 112 中给出了该孔的上与下极限尺寸，检验采用塞规。该量规应有通规和正规两件，成对使用。一件上标有“通”字样，即表示为通规，其是用来模拟最大实体边界，即其直径是按照零件的最大实体尺寸（即为孔的下极限尺寸）制作；另一件上标有“止”字样，称为止规，其是用来检验零件是否超出最小实体尺寸（即为孔的上极限尺寸）。由此可知，止规与通规直径尺寸之差，等于被测零件所给定的公差。

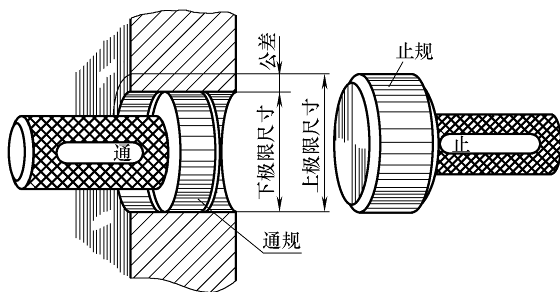


图 112　光滑极限量规工作原理

用塞规检验被测孔时，应分别将止规和通规向被测孔内放。若塞规的通规能通过被测孔时，表示被测孔径大于下极限尺寸；同时，若塞规的止规不能进入被测孔内时，则表示被测孔的孔径又小于上极限尺寸。上述结果表明：被测孔的实际尺寸在规定的

极限尺寸范围内，被测孔是合格的。

检验时，若通规也不能通过被测孔，则表示被测孔径小于下极限尺寸。与此相反，不仅通规可以通过，同时止规也能通过时，则表示被测孔径大于上极限尺寸。上述两种情况均表明被测孔的实际尺寸均已超出规定的极限尺寸范围，被测孔是不合格的。

生产中应用的极限量规种类多种多样，如塞规、塞尺、环规、卡规等，分别用来检验孔径、轴颈、长度、宽度、高度及深度等线性尺寸。

光滑极限量规结构简单，制造容易，使用方便，检验可靠，能保证被测零件在装配中的互换性，且有专业量具制造厂生产供应，价格便宜。因此，在生产中，特别是成批大量生产中，得到广泛应用。光滑极限量规不仅大大提高检验工作效率，且确保了产品质量。

121. 常用光滑极限量规有哪些结构形式？各自使用范围如何？

答：根据被测零件的结构特点和尺寸大小，生产中所使用的光滑极限量规有多种结构形式，常见的有以下几种。

（1）孔用极限量规，通常称为塞规　它是用来检验孔及其他内表面尺寸的。常用有以下几种形式，如图113所示。

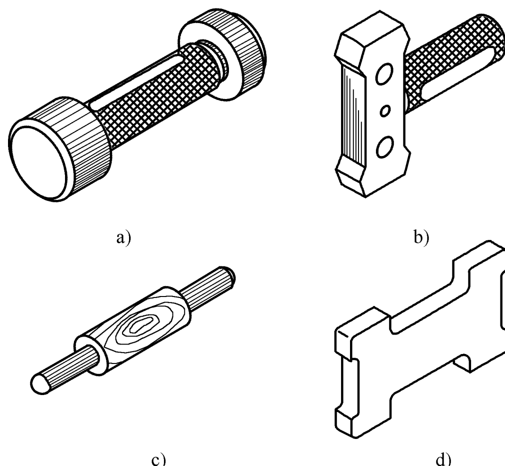
1）全形塞规。它的测量面为一完整的圆柱面，其中用于检验直径为1～6mm小孔的塞规，又称为针状塞规。用于检验直径小于100mm孔的全形塞规，通常都做成双头形式（图113a），其一端为通规，另一端为止规，由于通端在使用过程中容易磨损，一般都采用可拆卸结构，以便于拆换。

2）不全形塞规。它的测量面仅保留圆柱面的一部分（图113b），用于检验直径尺寸较大（70～300mm）的孔。为减轻塞规的重量，以便于操作，所以采用不完全圆柱面，且通常做成单头，每个手柄上只装一个测头。

3）球端杆规。它是以两端点间的距离作为测量的工作尺寸，其构造是在一根圆棒两端做成圆球形（图113c），两圆球形



顶端间的距离就是工作尺寸。在圆棒中间装有隔热手柄。这种塞规结构简单，使用方便，但容易磨损，主要用于大尺寸（大于300mm）孔的检验。



a)　b)　c)　d)

图 113　孔用极限量规

4）片形塞规。它是用金属板制成，其测量面为不完全圆柱面（图 113d）。这种塞规结构简单，但容易变形。

标准中推荐各类孔用量规形式和应用尺寸范围，如图 114 所示。

图 114 中横坐标表示被测孔径尺寸，其上侧为通规选用形式，下侧为止规选用形式。在每一侧均分别规定有“1”和“2”推荐顺序。选用时应首先考虑“1”栏内推荐形式，必要时可采用“2”栏内推荐形式。例如，设计 ϕ60H7 孔用量规时，其结构形式可由图 114 中查得：其通规应采用全形塞规（必要时可选用不全形或片形塞规），止规应采用片形塞规（必要时可选用不全形塞规）。

（2）轴用极限量规　它是用来检验轴及其他外表面尺寸的量规。生产中常用有环规和卡规两类，如图 115 所示。

1）环规（图 115a）。它的工作表面为一完整的圆柱孔。这

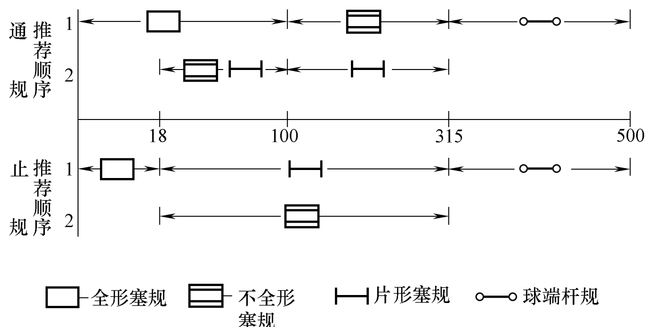


图114　孔用量规形式和应用尺寸范围

种形式的轴用极限量规，检验精度高，能够满足极限尺寸判断原则的要求，但由于受零件结构及重量限制，通常只适用于检验直径较小且零件结构允许通过的轴。

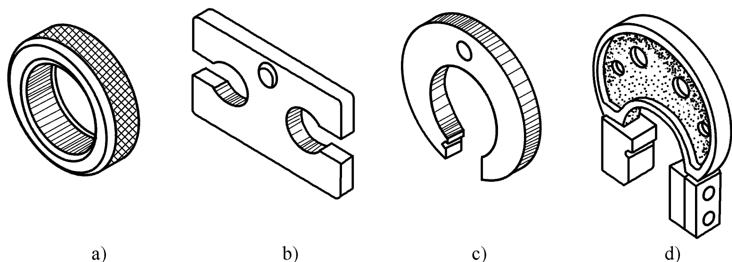


图115　轴用极限量规

2）卡规（图115b～d）。它的工作表面为一平行平面，两平行平面间的距离等于被测轴的极限尺寸。它的“通端”是按轴的上极限尺寸制作，“止端”是按轴的下极限尺寸制作。使用时，只要将卡规沿两平行测量面卡到轴的外圆表面上即可。

生产中常用的卡规形式有多种。片形卡规（图115b）可分为单头或双头两种结构，是用金属板料制成，其制造方便，应用广泛。此外还有锻造卡规（图115c），铸造卡规（图115d），其测量面是单独用合金钢制成，镶在卡规体上。可调整卡规可通过



螺钉调整两测头的检验尺寸。

标准中推荐各类轴用量规形式和应用尺寸范围，如图 116 所示。该图应用方法与上述孔用量规相同。

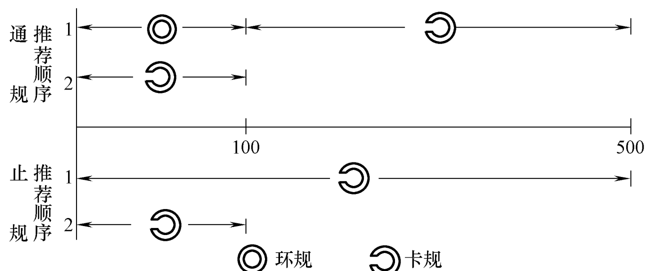


图 116　轴用量规形式和应用尺寸范围

122. 光滑极限量规的设计原理是什么？

答：当零件没有形状误差时，判断其是否合格，只要看它的实际尺寸是否在规定的极限尺寸范围内即可。但是，由于零件不可避免地存在有形状误差，虽然零件实际尺寸位于上与下极限尺寸范围内，但该零件装配时仍可能发生困难或装配后达不到规定的配合性能要求。为保证零件的配合要求，零件的合格尺寸就应以拟合组成要素来评定（12 题），并用最大实体尺寸来控制拟合组成要素。同时，为保证零件的功能要求，还应以最小实体尺寸来控制实际尺寸。

为此，标准中规定了极限尺寸的判别原则（泰勒原则），即孔与轴的拟合组成要素不得超过最大实体尺寸。也就是说，对于孔，其拟合组成要素应不小于下极限尺寸；对于轴，其拟合组成要素应不大于上极限尺寸。

同时，孔和轴在任何位置上的实际尺寸不允许超过最小实体尺寸。也就是说，对于孔，其实际尺寸应不大于上极限尺寸；对于轴，其实际尺寸应不小于下极限尺寸。

泰勒原则是从验收的角度出发确立的极限尺寸判别准则；而在公差原则中规定的包容要求Ⓔ则是从设计角度确立的尺寸公差

与形状公差之间的关系。从保证配合性的要求来看，两者是一致的。

泰勒原则实质上就是用最大实体尺寸来控制拟合组成要素，即要求在配合全长范围内的整个被测表面，不超出最大实体边界；同时还应以最小实体尺寸来控制实际尺寸，即要求零件局部表面上任意两测量点间的距离不超出最小实体尺寸。

如有一孔，图样上给出的尺寸极限偏差为 $\phi20^{+0.021}_{0}$ mm。如图117a所示，实际加工好的孔按照极限尺寸判别原则进行检验时，其拟合组成要素不小于 ϕ20mm（即该孔的最大实体尺寸），即用 ϕ20mm 全形塞规检验时，能通过实际孔，且实际孔各处的实际尺寸（用两点法进行测量）均不大于20.021mm（即该孔的最小实体尺寸）时，则可判定这个孔是合格的。

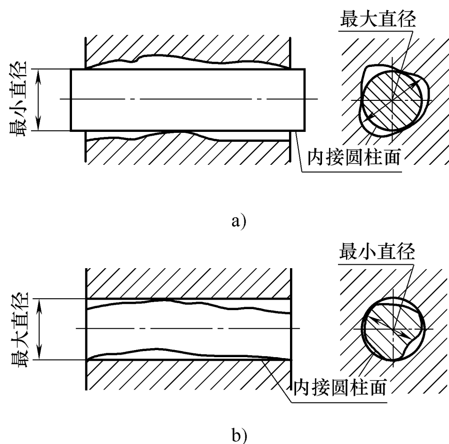


图117　极限尺寸判别原则

如有一轴，图样上给出的尺寸极阴偏差为 $\phi20^{0}_{-0.013}$ mm。如图117b所示，实际加工好的轴按极限尺寸判别原则进行检验时，其拟合组成要素应不大于 ϕ20mm（即该轴的最大实体尺寸），也就是用 ϕ20mm 的环规能套入实际轴，且实际轴各处的实际尺寸（用两点法测量）均不小于19.987mm（即该轴的最小实体尺寸）



时，则可判定该轴是合格的。

由此可见，极限尺寸判别原则考虑了零件的形状误差，符合配合的实际情况。用这一原则检验零件，能满足实际配合要求。

123. 什么是通规？什么是止规？

答：用来检验零件最大实体尺寸的量规，统称为通规。具体地讲：孔的最大实体尺寸是指它的下极限尺寸，用按照该尺寸做出的塞规来检验零件时，必须能通过被测孔才为合格；同样，轴的最大实体尺寸是指它的上极限尺寸，用按照该尺寸做出的环规来检验零件时，被测轴必须能够通过才为合格。所以上述量规统称为通规。

用来检验零件最小实体尺寸的量规，称为止规。具体地讲：孔的最小实体尺寸是指它的上极限尺寸，按照该尺寸做出来的塞规来检验零件时，均不能通过才为合格。同样，轴的最小实体尺寸是指它的下极限尺寸，用按照该尺寸做出的环规来检验零件时，被测轴不能通过，才为合格。所以上述量规通称为止规。

生产中，检验零件加工尺寸是否合格，必须选用相同公称尺寸相应极限偏差的极限量规，而且通规必须能够通过被测件，同时止规又不能通过时，才为合格。其中任一项不符合要求，都是不合格的。

124. 符合极限尺寸判别原则的量规应具备什么条件？生产中为什么允许偏离该原则？

答：用极限量规检验零件时，符合极限尺寸判别原则的量规应具备以下条件。

对于通规，它是用于控制零件的拟合组成要素，所以其测量面应具有与被测孔或轴相应的完整表面，即应做成全形量规，其尺寸等于孔或轴的最大实体尺寸，且量规长度应等于配合长度。原因是：通规是判断最大实体尺寸的，根据极限尺寸判别原则要求，最大实体尺寸是由拟合组成要素来控制，故通规应制成全

形，且测量面工作长度等于配合长度。

对于止规，它是用于控制零件的实际尺寸，它的测量面应为点状的，应做成不全形量规，其尺寸等于孔或轴的最小实体尺寸。

在量规的实际应用中，由于量规制造和使用方面的原因，完全贯彻极限尺寸判别原则有一定困难，甚至不能实现。因而实际生产中所用量规可在保证被检验零件的形状误差不致影响配合性质的前提下，使用偏离极限尺寸判别原则的量规。例如，为了便于生产，经常选用量具厂供应的标准通规，其长度一般不等于零件的配合长度；大尺寸的孔和轴通常分别用非全形的通端塞规（或杆规）和卡规检验，以代替笨重的全形通规；对曲轴等结构复杂的零件，用环规检验显然是不可能的，只能采用卡规检验；根据原则止规要求点状测量，由于点接触使用中易于磨损，故不得不采用小平面或圆柱面代替；检验小孔用的止规，为了增加刚度和便于制造，也常选用全形塞规；为防止两点状止规造成零件变形，也往往采用全形止规。

如上所述，在实际生产中所用的量规，有很多情况都不得不偏离极限尺寸判别原则。为此，标准中规定：符合泰勒原则的量规，如果在某些场合下应用不方便或有困难时，可在保证被检验零件的形状误差不致影响配合性质的条件下，使用偏离泰勒原则的量规。

125. 极限量规按其用途可分为哪几类？

答：极限量规按其用途可分为工作量规、验收量规和校对量规。

工作量规：在零件制造过程中，生产工人检验零件时所用的量规。生产工人应使用新的或磨损较少的通规。

验收量规：是检验人员或用户代表验收零件时所用的量规。验收量规一般不另行制造，该类量规应是与工作量规同类型，且已磨损较多但未超过磨损极限的通规。这样可保证由生产工人自检合格的零件，检验人员验收也一定合格。



校对量规：用以检验工作量规的量规。因孔用工作量规可用指示式计量器具很精确地测量，很方便，因而不需要校对量规，只有轴用工作量规才使用校对量规。故校对量规是在制造轴用工作量规和校验使用中的工作量规是否已达到磨损极限时所用的量规。

126. 怎样确定工作量规的公差带?

答: 量规是一种精密检验量具，从理论上讲，通规尺寸应等于零件的最大实体尺寸；止规的尺寸应等于零件的最小实体尺寸。虽然量规的制造精度比零件高很多，但也不可能将量规定形尺寸正好加工到上述规定值。因为制造量规也和制造零件一样，不可避免地会产生加工误差。因此，对量规尺寸也要规定制造公差。

通规在使用过程中会逐渐磨损，为了保持其一定的使用寿命，故还需留出适当的磨损储量，因而需要规定磨损极限。至于止规，因它在正常使用中不应通过零件，因此不留磨损储量。校对量规使用频率小故也不留磨损储量。

在确定量规的尺寸公差和磨损公差时，要考虑到量规制造的可能性和使用寿命，以及对零件制造的影响程度等。在相对于零件极限尺寸来确定量规公差和磨损公差位置时，则应考虑对零件配合性质及可能产生误收、误废的影响等。

为确保产品质量，标准中规定量规的公差带不得超越零件公差带。也就是说，量规的公差带均应位于零件所规定的极限尺寸之内，而且占有零件公差的比例应尽量小。

孔用工作量规的尺寸公差带，如图 118 所示；轴用工作量规的尺寸公差带，如图 119 所示。

图 118 和图 119 中工作量规的尺寸公差以 T_1 来表示；通规尺寸公差带到零件最大实体尺寸间的距离用 Z_1 来表示。工作量规通规的公差带中心位置是从零件的最大实体尺寸向零件的公差带内移动 Z_1 值，其磨损极限与零件最大实体尺寸重合。而止规的公差带是从零件的最小实体尺寸起，向零件的公差带

内分布。

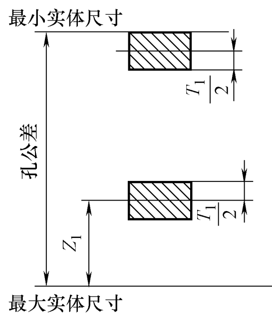


图118　孔用工作量规的尺寸公差带

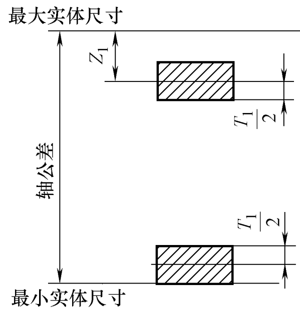


图119　轴用工作量规的尺寸公差带

通常测量极限误差可占零件尺寸公差的1/5～1/3。对于公差等级相同而公称尺寸不同的零件，这个比例应大致相同。而随着零件公差等级的降低，这个比值逐渐减小，见表43。量规尺寸公差带的大小（T_1）和位置（Z_1）数值就是按照这一原则规定的。

表43　量规尺寸公差和磨损储量的总和占标准公差的百分比

量规尺寸公差 T_1	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11
$\frac{T_1+(Z_1+T_1/2)}{IT}$(%)	40	32.9	28	23.5	19.7	16.9

量规尺寸公差 T_1	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
$\frac{T_1+(Z_1+T_1/2)}{IT}$(%)	14.4	13.8	12.9	12	11.5

标准中按零件的公称尺寸和公差等级对公称尺寸至500mm，公差等级IT6～IT16的孔与轴规定了工作量规的尺寸公差 T_1 和通规尺寸公差带中心到最大实体尺寸间的距离 Z_1 值，其具体数值见表44。

表 44　工作量规公差带　　（单位：μm）

零件公称尺寸/mm		公差等级																	
		IT6			IT7			IT8			IT9			IT10			IT11		
大于	至	IT6	T_1	Z_1	IT7	T_1	Z_1	IT8	T_1	Z_1	IT9	T_1	Z_1	IT10	T_1	Z_1	IT11	T_1	Z_1
—	3	6	1	1	10	1.2	1.6	1.4	1.6	2	25	2	3	40	2.4	4	60	3	6
3	6	8	1.2	1.4	12	1.4	2	18	2	2.6	30	2.4	4	48	3	5	75	4	8
6	10	9	1.4	1.6	15	1.8	2.4	22	2.4	3.2	36	2.8	5	58	3.6	6	90	5	9
10	18	11	1.6	2	18	2	2.8	27	2.8	4	43	3.4	6	70	4	8	110	6	11
18	30	13	2	2.4	21	2.4	3.4	33	3.4	5	52	4	7	84	5	9	130	7	13
30	50	16	2.1	2.8	25	3	4	39	4	6	62	5	8	100	6	11	160	8	16
50	80	19	2.8	3.4	30	3.6	4.6	46	4.6	7	74	6	9	120	7	13	190	9	19
80	120	22	3.2	3.8	35	4.2	5.4	54	5.4	8	87	7	10	140	8	15	220	10	22
120	180	25	3.8	4.4	40	4.8	6	63	6	9	100	8	12	160	9	18	250	12	25
180	250	29	4.4	5	46	5.4	7	72	7	10	115	9	14	185	10	20	290	14	29
250	315	32	4.8	5.6	52	6	8	81	8	11	130	10	16	210	12	22	320	16	32
315	400	36	5.4	6.2	57	7	9	89	9	12	140	11	18	230	14	25	360	18	36
400	500	40	6	7	63	8	10	97	10	14	155	12	20	250	16	28	400	20	40





（续）

零件公称尺寸/mm		公差等级														
		IT12			IT13			IT14			IT15			IT16		
大于	至	IT12	T_1	Z_1	IT13	T_1	Z_1	IT14	T_1	Z_1	IT15	T_1	Z_1	IT16	T_1	Z_1
—	3	100	4	9	140	6	14	250	9	20	400	14	30	600	20	40
3	6	120	5	11	180	7	16	300	11	25	480	16	35	750	25	50
6	10	150	6	13	220	8	20	360	13	30	580	20	40	900	30	60
10	18	180	7	15	270	10	24	430	15	35	700	24	50	1100	35	75
18	30	210	8	18	330	12	28	520	18	40	840	28	60	1300	40	90
30	50	250	10	22	390	14	34	620	22	50	1000	34	75	1600	50	110
50	80	300	12	26	460	16	40	740	26	60	1200	40	90	1900	60	130
80	120	350	14	30	540	20	46	870	30	70	1400	46	100	2200	70	150
120	180	400	16	35	630	22	52	1000	35	80	1600	52	120	2500	80	180
180	250	460	18	40	720	26	60	1150	40	90	1850	60	130	2900	90	200
250	315	520	20	45	810	28	66	1300	45	100	2100	66	150	3200	100	220
315	400	570	22	50	890	32	74	1400	50	110	2300	74	170	3600	110	250
400	500	630	24	55	970	36	80	1550	55	120	2500	80	190	4000	120	280



127. 怎样确定量规的极限尺寸?

答: 量规极限尺寸的计算通常是按下列步骤进行的。

1）根据被测零件的公称尺寸、基本偏差和公差等级，分别确定其尺寸极限偏差，并计算得最大和最小实体尺寸，以其作为量规的公称尺寸。

2）根据零件的公称尺寸和公差等级，由表 44 中查得量规的尺寸公差 T_1 和通规尺寸公差带中心到零件最大实体尺寸之间的距离 Z_1 值。

3）按图 118 和图 119 所示孔、轴用工作量规的尺寸公差带，确定量规的上、下极限偏差，并计算量规的极限尺寸。

例 计算 ϕ25H7/n6 孔与轴用工作量规的极限尺寸。

1）孔用工作量规的设计。由孔的极限偏差表中（附录 A）查出孔 ϕ25H7 的极限偏差。

上极限偏差 ES = +0.021mm

下极限偏差 EI = 0

由此可确定：该孔用工作量规通规公称尺寸为 25mm，止规公称尺寸为 25.021mm。

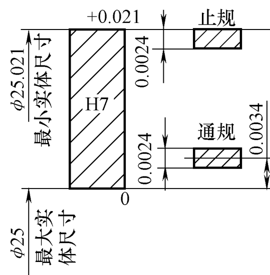


图 120　ϕ25H7 孔用工作量规的尺寸公差带

由表 44 中查出公称尺寸 25mm、IT7 级的量规尺寸公差 T_1 值为 2.4μm、Z_1 值为 3.4μm。

按图 118 所示孔用工作量规的尺寸公差带，计算出该孔用极限量规的极限偏差，如图 120 所示。

通规：上极限偏差 $= Z_1 + \frac{T_1}{2}$

$$= 3.4\mu m + \frac{2.4\mu m}{2} = +4.6\mu m$$

下极限偏差 $= Z_1 - \frac{T_1}{2}$

$$=3.4\mu m-\frac{2.4\mu m}{2}=+2.2\mu m$$

因此，$\phi 25$H7 孔的通规按 $\phi 25^{+0.0046}_{+0.0022}$mm 即 $\phi 25.0046^{\ 0}_{-0.0024}$mm 制造。

止规：上极限偏差 = 0

下极限偏差 = $-T_1$ = $-2.4\mu m$

因此，$\phi 25$H7 孔的止规按 $\phi 25.021^{\ 0}_{-0.0024}$mm 制造。

制造 $\phi 25$H7 孔用塞规的图样标注，如图 121 所示。

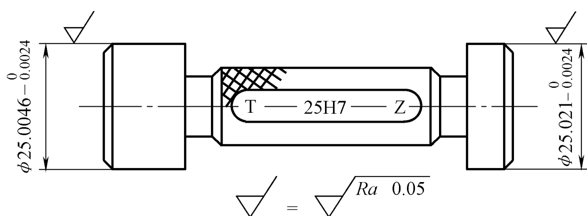


图 121　$\phi 25$H7 孔用塞规

2）轴用工作量规的设计。由轴的极限偏差表（附录 B）中查出轴 $\phi 25$n6 的极限偏差。

上极限偏差 es = +0.028mm

下极限偏差 ei = +0.015mm

由此确定该轴用工作量规通规的公称尺寸为 25.028mm，止规的公称尺寸为 25.015mm。

由表 44 中查出公称尺寸 25mm、IT6 级的量规尺寸公差 T_1 值为 2μm、Z_1 值为 2.4μm。

按图 119 所示轴用工作量规的尺寸公差带计算出该轴用极限量规的极限

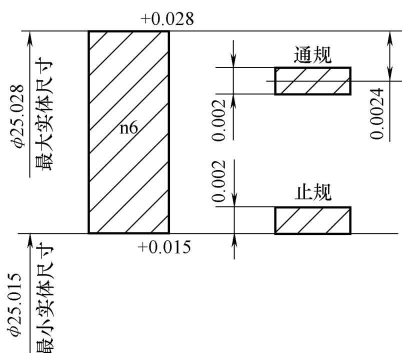


图 122　$\phi 25$n6 轴用量规的尺寸公差带



偏差，如图 122 所示。

$$通规：上极限偏差 = -\left(Z_1 - \frac{T_1}{2}\right)$$

$$= -\left(2.4 - \frac{2}{2}\right)\mu m = -1.4\mu m$$

$$下极限偏差 = -\left(Z_1 + \frac{T_1}{2}\right)$$

$$= -\left(2.4 + \frac{2}{2}\right)\mu m = -3.4\mu m$$

因此，轴 $\phi25n6$ 的通规按 $\phi25.028^{-0.0014}_{-0.0034}$mm 即 $\phi25.0246^{+0.002}_{0}$mm 制造。

止规：上极限偏差 $T_1 = +2\mu m$

下极限偏差 = 0

因此，$\phi25n6$ 轴的止规按 $\phi25.015^{+0.002}_{0}$mm 制造。

制造 $\phi25n6$ 轴用卡规的图样标注，如图 123 所示。

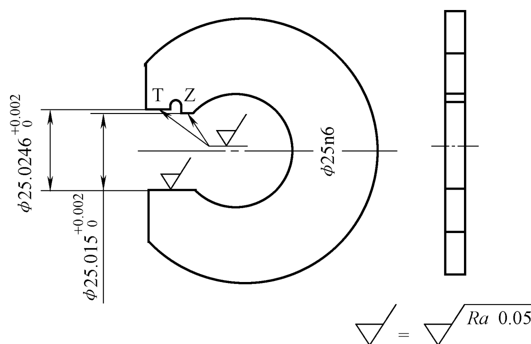


图 123　$\phi25n6$ 轴用卡规

128. 极限量规有哪些技术要求？

答： 极限量规除上述尺寸公差要求外，为保证其测量精度和使用要求，还应规定以下技术要求。

1）量规的几何误差应控制在其尺寸公差带内，即应用包容原则Ⓔ，其几何公差为量规尺寸公差的 50%。考虑到制造和检

测的困难，当量规的尺寸公差小于或等于0.002mm时，其几何公差均取0.001mm。

2）根据零件尺寸公差等级的高低和公称尺寸的大小，量规测量面的表面粗糙度参数 *Ra* 值为0.05～0.80μm，见表45。

表45　量规测量面的表面粗糙度 *Ra* 值

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="3">工作量规</th><th colspan="3">零件公称尺寸/mm</th></tr>
<tr><th>≤120</th><th>>120～315</th><th>>315～500</th></tr>
<tr><th colspan="3">Ra/μm</th></tr>
<tr><td rowspan="4">孔用</td><td>IT6</td><td>0.05</td><td>0.10</td><td>0.20</td></tr>
<tr><td>IT7～IT9</td><td>0.10</td><td>0.20</td><td>0.40</td></tr>
<tr><td>IT10～IT12</td><td>0.20</td><td>0.40</td><td rowspan="2">0.80</td></tr>
<tr><td>IT13～IT16</td><td>0.40</td><td>0.80</td></tr>
<tr><td rowspan="3">轴用</td><td>IT6～IT9</td><td>0.10</td><td>0.20</td><td>0.40</td></tr>
<tr><td>IT10～IT12</td><td>0.20</td><td>0.40</td><td rowspan="2">0.80</td></tr>
<tr><td>IT12～IT16</td><td>0.40</td><td>0.80</td></tr>
</table>

3）量规可用合金工具钢、碳素工具钢、渗碳钢及其他耐磨材料制造。

4）钢制量规测量面的硬度不应小于700HV（或60HRC）。

5）量规应经过稳定性处理。

6）量规的测量面不应有锈迹、毛刺、黑斑、划痕等明显影响外观和使用质量的缺陷，其他表面不应有锈蚀和裂纹。

7）量规的测头与手柄的连接应牢固可靠，在使用过程中不应松动。

129. 使用极限量规检验零件时的验收原则有哪些规定?

答：由于极限量规在制造上不能完全达到规定的理想状态，本身也存在有尺寸和形状误差，此外，在使用过程中其实际工作状况（磨损程度）也不相同，因此，极限量规在实际应用中，同一个零件使用不同的量规检验时，可能得出不同的结果。为此，标准中对使用极限量规检验零件时的验收原则，做了如下规定。



1）凡使用符合国家标准规定的量规检验零件时，如果通规能够通过，止规不能通过，则该零件是合格品。所谓通规能通过，是指用不很大的手力操作时，就能使通规进入零件，并自由地通过。所谓止规不能通过，是指用不很大的手力操作时，止规在零件的任何一个位置上都不能通过。

2）检验零件时，操作者用的工作量规应该是新的或磨损较少的通规。验收部门应该使用与操作者相同形式且已磨损较多（但在磨损极限范围内）的通规。

3）用户代表在用量规验收零件时，通规应接近最大实体尺寸，止规应接近最小实体尺寸。

4）用符合标准规定的量规检验零件时，如判断发生争议，应使用下述尺寸的量规进行仲裁：通规应等于或接近零件的最大实体尺寸；止规应等于或接近零件的最小实体尺寸。

130. 怎样正确使用极限量规？

答：采用符合国家标准规定的量规进行检验时，为减少检验误差，得到可靠而准确的检测结果，还必须掌握量规的正确使用方法。正确使用量规，可保持量规的精度，延长使用寿命，避免检测错误。为此，在使用量规时，应注意以下事项。

1）必须按被测零件的公称尺寸和公差代号，选用相应规格的量规。使用前，应看清量规上的符号标记，应与图样上规定的相符。

极限量规的通规和止规成对使用，一般在量规手柄或量规体上标有“通”（或通规代号 T）与“止”（或止规代号 Z）字样，使用时应注意区别。

量规的代号和使用规则规定如下。

通端工作环规（T）——应通过轴的全长。

“校通-通”塞规（TT）——整个长度都应进入新制的通端工作环规内，而且应在孔的全长上进行检验。

“通校-损”塞规（TS）——不应进入完全磨损的通端工作环规内，如有可能，应在孔的两端进行检验。

止端工作环规（Z）——沿着和环绕不少于四个位置进行

检验。

“校止-通”塞规（ZT）——整个长度都应进入制造的止端工作环规内，而且应在孔的全长上进行检验。

通端工作塞规（T）——整个长度都应进入孔内，而且应在孔的全长上进行检验。

止端工作塞规（Z）——不能通过孔内，如有可能，应在孔的两端进行检验。

2）使用量规前，必须检查并清除被测零件表面和量规工作面上的毛刺、锈迹和切屑等污物，否则会引起误判，甚至损伤量具工作面。

使用时，可在量规工作面上涂上一层薄薄的低黏度油液，不仅可防锈，也可减少磨损。

3）使用量规检验时，量规位置必须放正，不得歪斜，如用塞规检验孔时，塞规的轴线应与被测孔的轴线重合。歪斜放置容易引起卡住现象，或产生误判。

检测时，应用不很大的手力进行操作，不能硬塞、硬卡。用全形塞规通端检验时，应能自由地通过被测孔，不能用力过大使被测件变形（特别是薄壁件）。用非全形塞规通规检验时，应沿被测孔周向均布2~3个位置分别进行检验。

用卡规检测时，应在被检验轴的配合长度内，沿被测轴同向各个位置（至少不少于四个位置）分别进行。

4）量规必须由计量部门定期进行检定，以控制磨损量，保持其精度。未经检定的量规不得使用。

5）量规用完后应擦拭干净，并涂上防锈油，严防磕碰损伤。

131. 校对量规有何用途？其公差和技术要求是怎样规定的？

答：校对量规是用来检验工作量规是否合格的一种高精密量具。由于校对量规精度要求很高，制造困难，因而对形状简单的孔用量规，可采用通用量具、量仪很方便地便可直接进行检测，没有必要再制作精度很高的专用校对量规。



轴用量规（即环规和卡规），一般都是加工精度要求较高，而检测难度较大的内表面。为了方便地校验其是否合格或是否已达到磨损极限，所以只有轴用工作量规才使用校对量规。

轴用校对量规（简称为校对量规）按其用途不同可分为以下三种。

1）制造通规时所用的校对量规（代号为 TT）。新制作的通规应能被 TT 量规通过，这样便可认为该通规制造合格，因而能够保证足够的生产公差。

2）制造止规时所用的校对量规（代号为 ZT）。新的止规能被 ZT 量规通过，这样则认为该止规制造合格，因而能保证产品质量。

3）校对使用中的通规是否到磨损极限时，所用的校对量规（代号为 TS）。通规在使用过程中，不应被 TS 量规通过，倘若被 TS 量规通过，则可断定此通规已磨损到极限，应予报废。

标准中规定，校对量规的尺寸公差带如图 124 所示。图 124 中 T_P 表示校对量规的尺寸公差，且该公差等于被校对的轴用工作量规尺寸公差的一半。由图 124 中可以看出，校对量规 TT、ZT、TS 的尺寸公差完全相同。

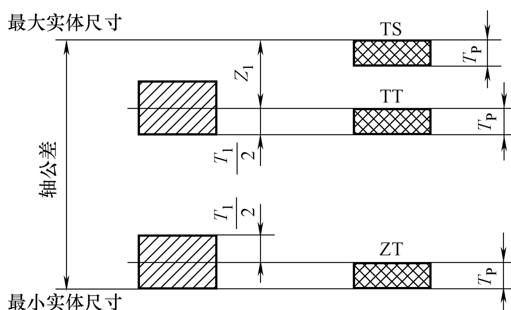


图 124　校对量规的尺寸公差带

由于校对量规的尺寸公差比较小，因此校对量规不再单独提

出形状公差要求，其形状误差应控制在其尺寸公差带内，即应用包容要求Ⓔ。

校对量规工作面的表面粗糙度参数 Ra，规定比被校对工作量规工作面的要求提高一级。其他技术要求可参考工作量规的有关规定。

132. 怎样确定校对量规的公差带?

答：校对量规的公差带是在被测轴用工作量规公差带的基础上确定的。以 ϕ25n6 轴用工作量规的校对量规为例，其具体设计步骤如下。

1）根据轴的公称尺寸和公差带代号，确定其工作量规（包括通规和止规）的公差带。

ϕ25n6 的工作量规公差带（图 122）是由量规公差 T_1 = 0.002mm 和位置要素 Z_1 = 0.0024mm 所确定。

2）按轴用工作量规公差的 50% 确定校对量规的公差，即

$$T_P = \frac{T_1}{2} = \frac{0.002}{2}\text{mm} = 0.001\text{mm}$$

3）以被测轴的公称尺寸 25mm 为基准，分别计算各类校对量规的极限偏差。

轴用通规的校对量规 TT 的极限偏差（图 125）：

上极限偏差 = es − Z_1

= +0.028mm − 0.0024mm = +0.0256mm

下极限偏差 = es − Z_1 − T_P

= +0.028mm − 0.0024mm − 0.001mm = +0.0246mm

因此，TT 校对量规按 $\phi25^{+0.0256}_{+0.0246}$mm，即 $\phi25.0256^{\ 0}_{-0.001}$mm 制造。

轴用止规的校对量规 ZT 的极限偏差：

上极限偏差 = ei + T_P

= +0.015mm + 0.001mm = 0.016mm

下极限偏差 = ei = +0.015mm

因此，ZT 校对量规按 $\phi25^{+0.016}_{+0.015}$mm，即 $\phi25.016^{\ 0}_{-0.001}$mm



制造。

轴用通规磨损极限用校对量规 TS 的极限偏差：

上极限偏差 = es = +0.028mm

下极限偏差 = es − T_P

= +0.028mm − 0.001mm = 0.027mm

因此，TS 校对量规应按 $\phi25^{+0.028}_{+0.027}$mm，即 $\phi25.028^{\ 0}_{-0.001}$mm 制造。

4）绘出 ϕ25n6 轴用工作量规的校对量规的尺寸公差带，如图 125 所示。

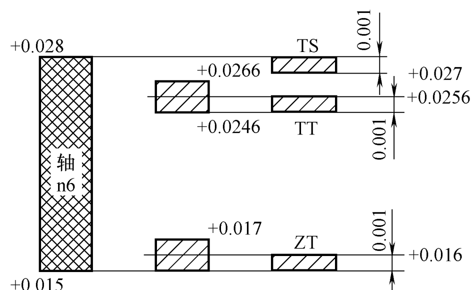


图 125　ϕ25n6 校对量规的尺寸公差带

圆锥的公差与配合

133. 什么是圆锥配合？圆锥配合有何特点？

答：与轴线成一定角度，且一端相交于轴线的一条直线段（母线），围绕着该轴线旋转所形成的表面，称为圆锥表面。由圆锥表面与一定尺寸所限定的几何体，称为圆锥，如图 126 所示。

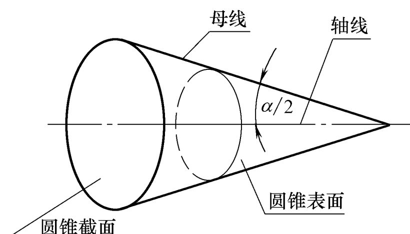


图 126　圆锥

公称圆锥相同的内、外圆锥之间结合所形成的相互关系，称为圆锥配合。

圆锥配合应用很广，其具有圆柱配合不可替代的作用。如图 127 所示，在圆柱间隙配合中（图 127a），由于有间隙，孔与轴的轴心线间，不可避免地存在有同轴度误差 e；而圆锥配合（图 127b）虽也可产生间隙配合，且存在有同轴度误差 e，但只要将内、外圆锥沿轴向做相对移动，就可使间隙减小，甚至可产生过盈，从而消除同轴度误差。

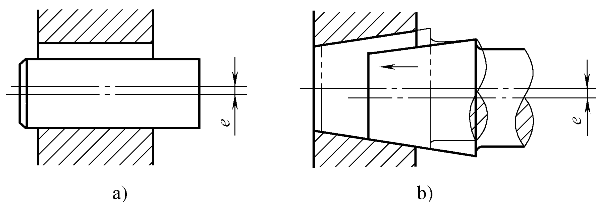


图 127　圆柱与圆锥配合比较

综上所述，圆锥配合有以下特点。

1）对中性好，易保证圆锥配合的同轴性，并能经多次拆装



而不影响其同轴要求。

2）间隙和过盈可以调整。圆柱配合的间隙与过盈取决于孔与轴的实际尺寸之差，不能进行调整；而圆锥配合的间隙或过盈的大小，可借助内、外圆锥的轴向相对移动来调整，以满足不同功能需求，还可以补偿磨损，以延长其使用寿命，且方便装拆。但圆锥配合不适用于孔、轴间轴向相对位置要求严格的地方。

3）密封性好。内、外圆锥表面经过配对研磨后，其配合具有良好密封性，如内燃机进、排气门密封锥面。

4）圆锥配合结构较为复杂，加工和检验也比较困难，故其应用不如圆柱配合广泛。

134. 什么是公称圆锥？公称圆锥的特征参数有哪些？

答： 公称圆锥是指由设计给定的理想形状的圆锥，是由圆锥表面与一定尺寸所限定的几何体，如图 128 所示。

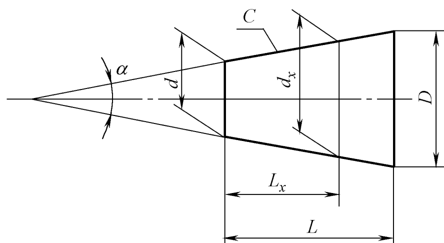


图 128　公称圆锥及其特征参数

公称圆锥的特征参数如下。

1）圆锥角 α。它是指在通过圆锥轴线的截面内，两条素线间的夹角。圆锥角一般用角度单位度（°）表示（如 120°），也可采用弧度（rad）表示。

2）圆锥直径。它是指与圆锥轴线垂直的截面内的直径。按其截面轴向位置不同，圆锥直径包括有最大圆锥直径 D、最小圆锥直径 d 和给定横截面处圆锥直径 d_x。

3）圆锥长度 L。它是指最大圆锥直径与最小圆锥直径所在横截面间的轴向距离。

给定横截面长度 L_x。它是指给定横截面处圆锥直径与给定基准面间的轴向距离。

4）锥度 C。它是指两个垂直于圆锥轴线截面的圆锥直径 D 和 d 之差与两截面之间的轴向距离 L 之比，即

$$C=\frac{D-d}{L}$$

锥度一般用整数比例或分式形式表示，如 1∶5 或 1/5。

锥度 C 与圆锥角 α 的关系为

$$C=2\tan\frac{\alpha}{2}=1:\frac{1}{2}\cot\frac{\alpha}{2}$$

135. 圆锥的锥度与锥角系列是怎样规定的？

答：为便于圆锥的设计，满足生产需要，国家标准 GB/T 157—2001《产品几何量技术规范（GPS）　圆锥的锥度与锥角系列》中规定了一般用途圆锥的锥度与锥角系列，见表 46。标准中规定有锥度 C 从 1∶0. 2886751 到 1∶500（锥角 α 从 6′52. 5295″到 120°）范围内 21 种标准圆锥。为了减少刀具、量具的规格数量，标准中还将其分为两个系列。选用时，应优先选用系列 1，当系列 1 不能满足需要时，再选用系列 2。

表 46　一般用途圆锥的锥度与锥角系列

基本值		推算值		
系列 1	系列 2	圆锥角 α		锥度 C
		(°)(′)(″)	rad	
120°		—	2. 09439510	1∶0. 2886751
90°		—	1. 57079633	1∶0. 5000000
	75°	—	1. 30899694	1∶0. 6516127
60°		—	1. 04719755	1∶0. 8660254
45°		—	0. 78539816	1∶1. 2071068
30°		—	0. 52359878	1∶1. 8660254
1∶3		18°55′28. 7199″	0. 33029735	—
	1∶4	14°15′0. 1177″	0. 24870999	—



（续）

基本值		推算值		
系列 1	系列 2	圆锥角 α		锥度 C
		(°)(′)(″)	rad	
1:5		11°25′16. 2706″	0. 19933730	—
	1:6	9°31′38. 2202″	0. 16628246	—
	1:7	8°10′16. 4408″	0. 14261493	—
	1:8	7°9′9. 6075″	0. 12483762	—
1:10		5°43′29. 3176″	0. 09991679	—
	1:12	4°46′18. 7970″	0. 08328516	—
	1:15	3°49′5. 8975″	0. 06664199	—
1:20		2°51′51. 0925″	0. 04998959	—
1:30		1°54′34. 8570″	0. 03333025	—
1:50		1°8′45. 1586″	0. 01999933	—
1:100		34′22. 6309″	0. 00999992	—
1:200		17′11. 3219″	0. 00499999	—
1:500		6′52. 5295″	0. 00200000	—

为便于圆锥的设计、生产和控制，标准中给出了圆锥角或锥度按角度单位（°）（′）（″）、弧度单位（rad）及比例形式的推算值，其有效位数可按需要确定。

为满足不同行业特定用途的需要，标准中还规定了多种《特定用途的圆锥》，其中机床和工具柄用自夹圆锥见表 47。

表 47　特定用途的圆锥（摘要）

基本值	圆锥角 α	锥度 C	标准号 GB/T	用　　途
7:24	16°35′39. 4443″	1:3. 4285714	3837	机床主轴工具配合
1:19. 002	3°0′52. 3956″	—	1443	莫氏锥度 No. 5
1:19. 180	2°59′11. 7258″	—	1443	莫氏锥度 No. 6
1:19. 212	2°58′53. 8255″	—	1443	莫氏锥度 No. 0

（续）

基本值	圆锥角 α	锥度 C	标准号 GB/T	用　　途
1∶19.254	2°58′30.4217″	—	1443	莫氏锥度 No.4
1∶19.922	2°52′31.4463″	—	1443	莫氏锥度 No.3
1∶20.020	2°51′40.7960″	—	1443	莫氏锥度 No.2
1∶20.047	2°51′26.9283″	—	1443	莫氏锥度 No.1

136. 圆锥的尺寸注法有哪些形式？

答： 根据圆锥的功能要求（如连接、装配、定心、密封及调节等），在图样上应选用以下不同参数相互组合进行标注。

锥度	C
圆锥角	α
最大圆锥直径	D
最小圆锥直径	d
给定横截面处圆锥直径	d_x
圆锥长度	L
圆锥总长	L'
给定横截面长度	L_x

1）给定最大圆锥直径 D、圆锥角 α 和圆锥长度 L（图 129a）。

2）给定最小圆锥直径 d、圆锥角 α 和圆锥长度 L（图 129b）。

3）给定横截面处圆锥直径 d_x 及相应的给定横截面长度 L_x 和圆锥角 α（图 129c）。

4）给定最大与最小圆锥直径 D 与 d 和圆锥长度 L（图 129d）。

当采用锥度的图形符号标注时，应按标准中规定的锥度的图形符号表示圆锥，如图 130a 所示。

在图样上表示圆锥的图形符号和锥度应靠近圆锥轮廓标注



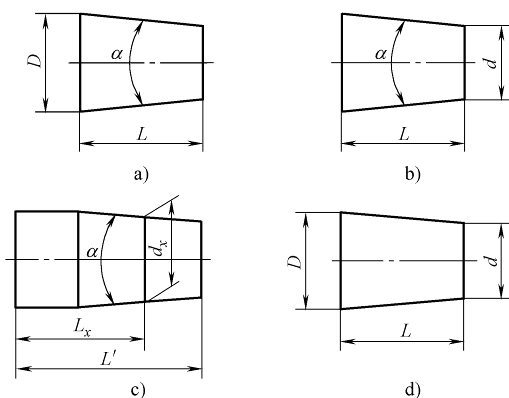


图 129　圆锥的特征参数标注

（图 130b），且应配置在与圆锥轴线平行的基准线上，图形符号的方向应与圆锥方向一致。基准线应通过引出线与圆锥的轮廓素线相连。

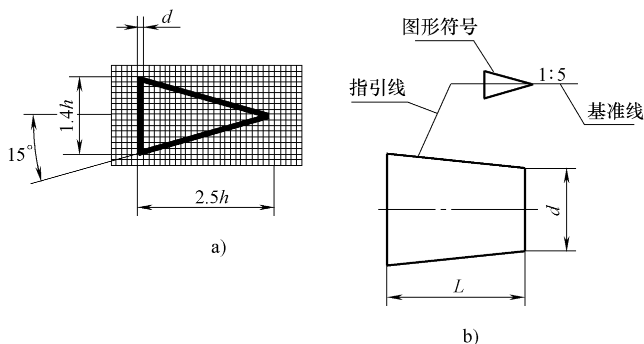


图 130　锥度的图形符号

用圆锥的图形符号与不同参数相互组合，在图样可采用多种不同的标注方式，如图 131 所示。

1）给定最大圆锥直径 D 和圆锥长度 L，用图形符号及锥度 C 标注（图 131a）。

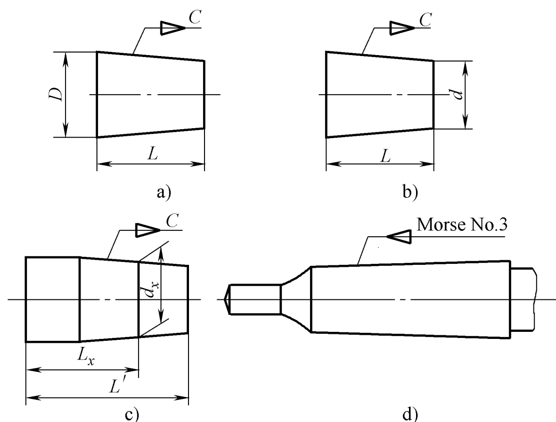


图 131　锥度的图形符号标注

2）给定最小圆锥直径 d 和圆锥长度 L，用图形符号及锥度 C 标注（图 131b）。

3）给定横截面处直径 d_x。及其相对应长度 L_x，用图形符号及锥度 C 标注（图 131c）。

4）当所标注的锥度是标准圆锥系列之一（尤其是莫氏锥度或米制锥度，见表 47）时，可用相应的标记表示。如图 131d 所示，表示为莫氏 3 号锥度。

137. 什么是实际圆锥？什么是极限圆锥？

答：实际存在并与周围介质分割的圆锥，称为实际圆锥。它是通过测量所得的圆锥，如图 132 所示。

由于加工误差的影响，加工完成后的圆锥不可能与设计给定的公称圆锥完全一致，总会产生直径偏差和圆锥角偏差。

实际圆锥直径 d_x 是指在实际圆锥上测量得到的任一直径（图 132）。

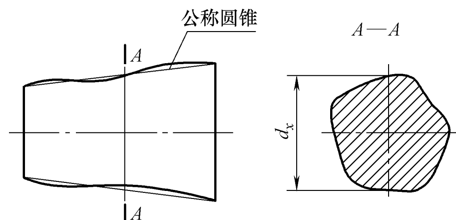


图 132　实际圆锥



实际圆锥角是指在实际圆锥的任一轴向截面内，包容圆锥素线且距离为最小的两对平行线之间的夹角，如图133所示。

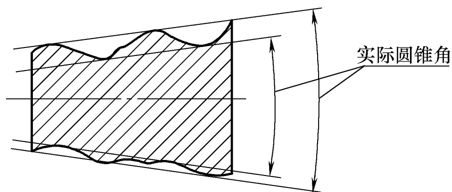


图133　实际圆锥角

加工所得到的实际圆锥相对于公称圆锥所产生的直径偏差和圆锥角偏差，直接影响着配合精度和使用性能，为此在图样上应给出限制其变动范围要求。

极限圆锥是指与公称圆锥共轴且圆锥角相等，直径分别为上极限尺寸和下极限尺寸的两个圆锥。在垂直圆锥轴线的任一截面上，这两个圆锥的直径差都相等，如图134所示。

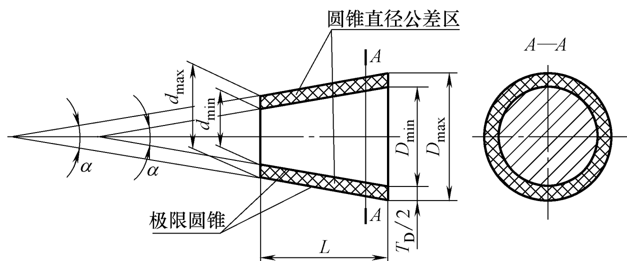


图134　极限圆锥

极限圆锥直径是指极限圆锥上的任一直径，如图134所示D_{max}、D_{min}、d_{max}、d_{min}。

极限圆锥角是指允许的上极限圆锥角α_{max}或下极限圆锥角α_{min}，如图135所示。

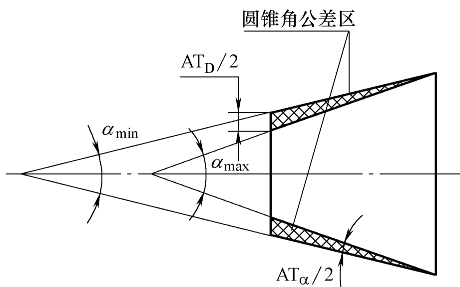


图135　极限圆锥角

138. 什么是圆锥公差？圆锥公差包括哪些项目？

答：允许实际圆锥偏差的变动量，称为圆锥公差。圆锥公差包括以下几个项目。

1）圆锥直径公差 T_D 是指圆锥直径的允许变动量（图134），其适用于圆锥全长。

圆锥直径公差 T_D 是以公称圆锥直径（一般取最大圆锥直径 D）为公称尺寸，按 GB/T 1800 规定的标准公差选取。

2）给定截面圆锥直径公差 T_{DS} 是指在垂直圆锥轴线的给定截面内，圆锥直径的允许变动量，如图136所示。它仅适用于该给定截面。

给定截面圆锥直径公差 T_{DS} 是以给定截面圆锥直径 d_x 为公称尺寸，按 GB/T 1800 规定的标准公差选取。

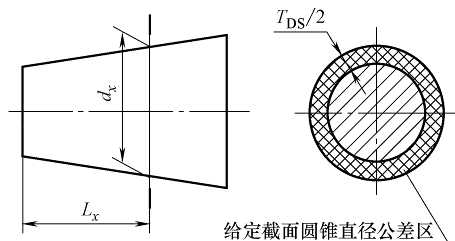


图136　给定截面圆锥直径公差

3）圆锥角公差 AT 是指圆锥角允许的变动量，如图135所示。

国家标准中圆锥角公差 AT 共分为12个公差等级，用 AT1、AT2、…、AT12 表示，其中常用的 AT6～AT11 级圆锥角公差数值，见表48。

如需要更高或更低等级的圆锥角公差时，可按公比1.6向两端延伸得到。更高等级用 AT0、AT01…表示，更低等级用 AT13、AT14…表示。

圆锥角公差可用两种形式表示。



① AT_α——以角度单位微弧度（μrad）或以度、分、秒表示。

② AT_D——以长度单位微米（μm）表示。

AT_α 和 AT_D 的关系如下。

$$AT_D = AT_\alpha \times L \times 10^{-3}$$

式中 AT_D 单位为 μm；

AT_α 单位为 μrad；

L 单位为 mm。

在圆锥角公差等级表中（表 48），仅给出与圆锥长度 L 的尺寸段相对应的 AT_D 范围值。当给出的圆锥长度 L 值恰为尺寸分段端值时，便可直接查取。当 L 为 63mm 时，选用 AT7 级，查取其圆锥角公差。首先由公称圆锥长度查得 40 ~ 63mm 分段，然后对应 AT7 级，查得 AT_α 为 315μrad 或 1′05″，而 AT_D 表中给出 >12.5 ~ 20.0μm，由于长度值恰在尺寸分段末端，故可直接取值 20μm。

若给出的圆锥长度 L 值在某一尺寸分段中间任意值时，则必须按上式进行计算求得。例如，L 为 50mm，选用 AT7，由表 48 中可直接查得 AT_α 为 315μrad 或 1′05″，但 50mm 在尺寸分段中间，故 AT_D 值需根据查得的 AT_α 值进行计算，即

$$\begin{aligned} AT_D &= AT_\alpha \times L \times 10^{-3} \\ &= 315\mu\text{rad} \times 50\text{mm} \times 10^{-3} \\ &= 15.75\mu\text{m} \end{aligned}$$

取 AT_D 为 15.8μm。

4）圆锥的形状公差 T_F。它包括素线直线度公差和截面圆度公差。

圆锥的形状公差推荐按 GB/T 1184—2000 中附录 B“图样上注出公差值的规定”选取。



表 48　圆锥角公差等级

公称圆锥长度 L/mm		AT6			AT7			AT8		
		AT_α		AT_D	AT_α		AT_D	AT_α		AT_D
大于	至	μrad	(′)(″)	μm	μrad	(′)(″)	μm	μrad	(′)(″)	μm
自 6	10	500	1′43″	>3.2~5.0	800	2′45″	>5.0~8.0	1250	4′18″	>8.0~12.5
10	16	400	1′22″	>4.0~6.3	630	2′10″	>6.3~10.0	1000	3′26″	>10.0~16.0
16	25	315	1′05″	>5.0~8.0	500	1′43″	>8.0~12.5	800	2′45″	>12.5~20.0
25	40	250	52″	>6.3~10.0	400	1′22″	>10.0~16.0	630	2′10″	>16.0~20.5
40	63	200	41″	>8.0~12.5	315	1′05″	>12.5~20.0	500	1′43″	>20.0~32.0
63	100	160	33″	>10.0~16.0	250	52″	>16.0~25.0	400	1′22″	>25.0~40.0
100	160	125	26″	>12.5~20.0	200	41″	>20.0~32.0	315	1′05″	>32.0~50.0
160	250	100	21″	>16.0~25.0	160	33″	>25.0~40.0	250	52″	>40.0~63.0
250	400	80	16″	>20.0~32.0	125	26″	>32.0~50.0	200	41″	>50.0~80.0
400	630	63	13″	>25.0~40.0	100	21″	>40.0~63.0	160	33″	>63.0~100.0

（续）

公称圆锥长度 L/mm		AT9			AT10			AT11		
		AT_α		AT_D	AT_α		AT_D	AT_α		AT_D
大于	至	μrad	(′)(″)	μm	μrad	(′)(″)	μm	μrad	(′)(″)	μm
自 6	10	2000	6′52″	>12.5 ~ 20	3150	10′49″	>20 ~ 32	5000	17′10″	>32 ~ 50
10	16	1600	5′30″	>16 ~ 25	2500	8′35″	>25 ~ 40	4000	13′44″	>40 ~ 63
16	25	1250	4′18″	>20 ~ 32	2000	6′52″	>32 ~ 50	3150	10′49″	>50 ~ 80
25	40	1000	3′26″	>25 ~ 40	1600	5′30″	>40 ~ 63	2500	8′35″	>63 ~ 100
40	63	800	2′45″	>32 ~ 50	1250	4′18″	>50 ~ 80	2000	6′52″	>80 ~ 125
63	100	630	2′10″	>45 ~ 63	1000	3′26″	>63 ~ 100	1600	5′30″	>100 ~ 160
100	160	500	1′43″	>50 ~ 80	800	2′45″	>80 ~ 125	1250	4′18″	>125 ~ 200
160	250	400	1′22″	>63 ~ 100	630	2′10″	>100 ~ 160	1000	3′26″	>160 ~ 250
250	400	315	1′05″	>80 ~ 125	500	1′43″	>125 ~ 200	800	2′45″	>200 ~ 320
400	630	250	52″	>100 ~ 160	400	1′22″	>160 ~ 250	630	2′10″	>250 ~ 400

注：1μrad 等于半径为 1m，弧长为 1μm 所对应的圆心角。5μrad≈1″（秒）；300μrad≈1′（分）。



139. 什么是圆锥公差区？圆锥公差的给定方法有哪几种？

答：圆锥公差区是指实际圆锥相对于公称圆锥所限定的变动区域。

圆锥公差区有以下几种形式。

1）圆锥直径公差区。它是指两个极限圆锥所限定的区域。用示意图表示在轴向截面内的圆锥直径公差区，如图134所示极限圆锥是由公称圆锥的最大（或最小）圆锥直径，根据零件的功能需要按GB/T 1800.2—2009选取的极限偏差而确定的极限圆锥直径所构成的几何圆锥面。

2）圆锥角公差区。它是指两个极限圆锥角所限定的区域。用示意图表示圆锥角公差区，如图135所示。极限圆锥角是由公称圆锥角和圆锥角公差所确定。

圆锥角的极限偏差可按单向或双向（对称或不对称）取值，如图137所示。

3）给定截面圆锥直径公差区。它是指在给定的圆锥截面内，由两个同心圆所限定的区域。用示意图表示给定截面圆锥直径公差区，如图136所示。该同心圆是由给定截面圆锥的直径，根据零件功能需要按GB/T 1800.2—2009选取的极限偏差而确定的极限圆直径所构成的两同心圆。

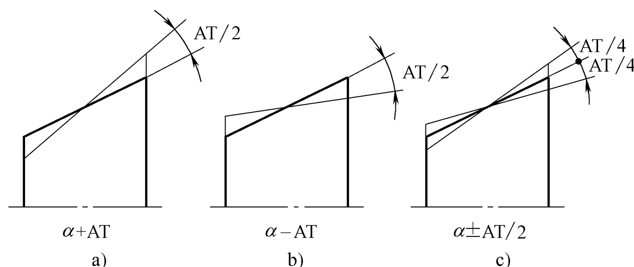


图137　圆锥角的极限偏差

圆锥公差的给定方法如下。

1）给出圆锥的公称圆锥角 α（或锥度 C）和圆锥直径公差



T_D。由 T_D 确定两个极限圆锥，此时圆锥角误差和圆锥的形状误差均应在极限圆锥所限定的区域内。按此方法给定时，推荐在圆锥直径极限偏差后标注"Ⓣ"符号，如 $\phi 50^{+0.034}_{0}$Ⓣ。

2）给出给定截面圆锥直径公差 T_{DS} 和圆锥角公差 AT，此时给定截面圆锥直径和圆锥角应分别满足两项公差的要求，该方法是在假定圆锥素线为理想直线的情况下给出的。当对圆锥形状公差有更高要求时，可再给出圆锥的形状公差 T_T。

140. 图样上圆锥公差有哪几种标注方法？其要求的含义如何？

答：根据圆锥的功能要求不同，图样上应给出不同的圆锥公差要求，并采用相应的方式标注出来。

（1）面轮廓度法标注圆锥公差　给出圆锥的理论正确圆锥角 α（或锥度）和一个公称圆锥直径（以带框尺寸表示没有公差而绝对准确的理论正确尺寸），然后给出圆锥表面的面轮廓度公差要求。

1）给出 $\boxed{\alpha}$（或 $\boxed{C}$）和 $\boxed{D}$（或 $\boxed{d}$），用面轮廓度标注圆锥公差，如图 138a 所示。图 138a 中给出理论正确尺寸 α 和 D，由其确定了公称圆锥。图 138a 中又给出面轮廓度公差 t，该要求表示如图 138b 所示，即沿公称圆锥面分别向内、外两侧移动 $t/2$，构成两个极限圆锥，该两极限圆锥所限定的区域即为该圆锥给定的公差区。此时，圆锥角误差和圆锥的形状误差均应在此公差区范围内。

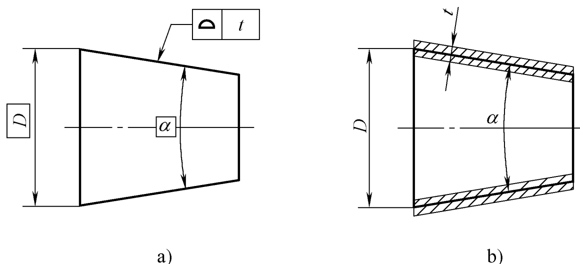


图 138　公称圆锥用面轮廓度法标注公差

必要时，可给出限定条件以保证圆锥实际要素不超过给定的公差区，这些限定条件可在图样上直接给出或在技术要求中说明。如图139a所示，除给出面轮廓度公差0.3mm之外，还给出倾斜度公差0.1mm的要求，该要求表示如图139b所示，即在0.3mm圆锥公差带内，实际圆锥倾斜度误差还不得超出0.1mm公差区范围。

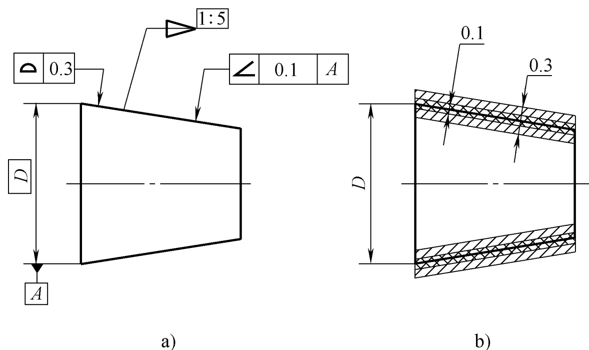


图139　圆锥公差的限定条件

限定条件还可在技术要求中说明，如量规涂色检验，接触率大于80%。

2）给出轴向定位截面$\boxed{d_x}$和$\boxed{L_x}$及$\boxed{C}$，用面轮廓度标注圆锥公差，如图140a所示。图140a中给出了理论正确尺寸d_x、L_x和C，同时给出面轮廓度公差t的要求。该要求的含意与上述图138b所示基本相同，只是其理论正确的公称圆锥是由d_x、L_x和C所确定。

当给定圆锥轴向位置采用尺寸公差标注时，如图141a所示$L_x \pm \delta_x$，其圆锥公差区不变，但圆锥公差区的位置应随L_x的实际尺寸位置在$\pm \delta_x$范围内轴向变动，如图141b所示。

（2）基本锥度法标注圆锥公差　基本锥度法是给出圆锥的理论正确圆锥角α（或锥度C）和圆锥直径公差T_D（或给定截面圆锥直径公差T_{DS}）的圆锥公差的一种标注方法。它通常适用



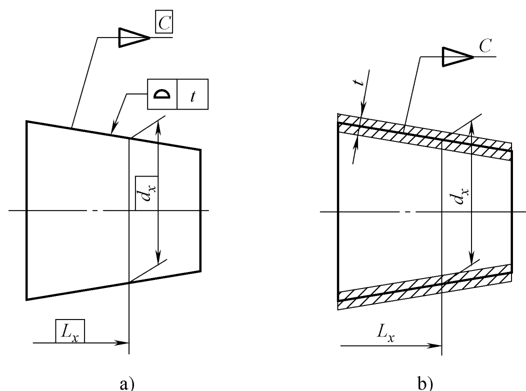


图 140　给定圆锥轴向位置的公差注法

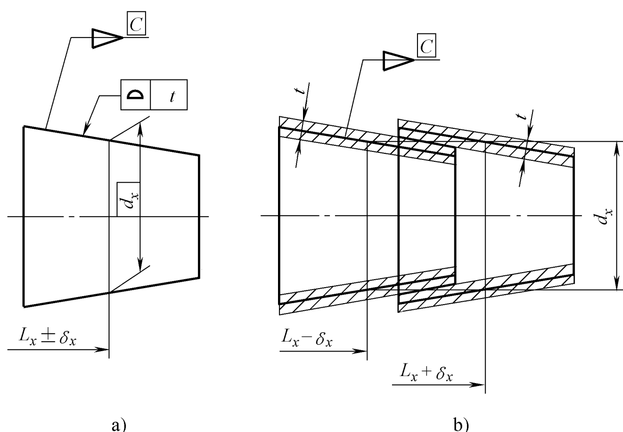


图 141　给定圆锥轴向位置的尺寸公差标注

于有配合要求的结构型内外圆锥。

1）给定圆锥直径公差 T_D 和理论正确圆锥角 30°，如图 142a 所示。该要求表示由圆锥直径公差 T_D 确定的两个极限圆锥直径 D_{max} 和 D_{min} 与理论正确圆锥角 30°确定的两个极限圆锥，构成了该圆锥公差区，如图 142b 所示。此时，实际圆锥处处不得超越该公差区所限定范围。因此，该公差区即控制圆锥直径的大小及

圆锥角的大小，也控制了圆锥表面的形状。

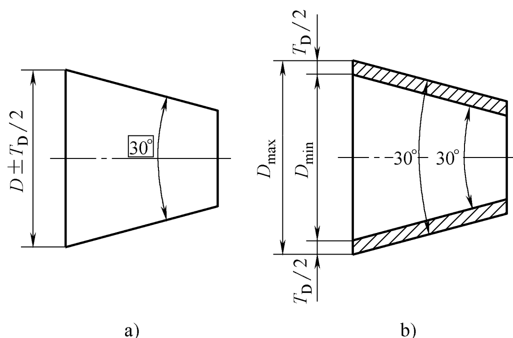


图 142　给定圆锥直径公差

若对圆锥角公差、圆锥的几何公差有更高要求时，可再给出圆锥角公差 AT、圆锥的几何公差 T_F（图 143a），此时 AT 和 T_F 仅占圆锥公差区的一部分，并可在圆锥公差区内浮动，如图 143b 所示。

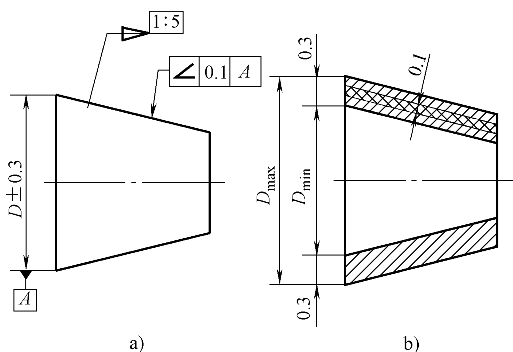


图 143　给定圆锥的几何公差

2）给定截面圆锥直径公差 T_{DS} 和理论正确锥度 1∶5，如图 144a 所示。该要求表示给定截面圆锥直径公差 T_{DS} 确定的两个极限圆锥直径 d_{xmax} 和 d_{xmin} 与理论正确锥度 1∶5 确定的两个极限圆锥，构成了该圆锥公差区，如图 144b 所示。实际圆锥应处处控



制在该公差区所限定的范围内。

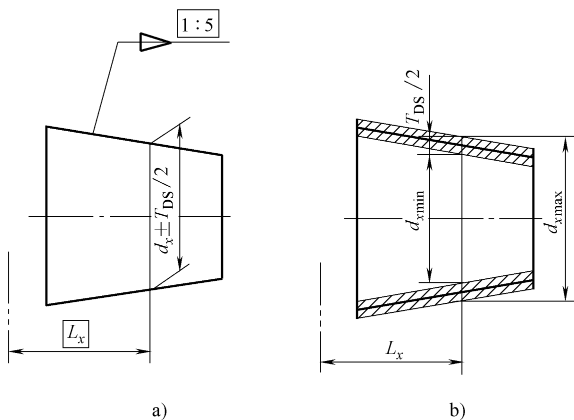


图 144　给定截面圆锥直径公差

（3）公差锥度法标注圆锥公差　公差锥度法是直接给定有关圆锥要素的公差，即同时给出圆锥直径公差和圆锥角公差，如图 145 所示。

图 145a 中给定了圆锥直径公差 T_D 和圆锥角公差 AT8。该要求表示：该圆锥的最大圆锥直径应在 $D+T_D/2$ 和 $D-T_D/2$ 之间变化；锥角应在 25° − AT8/2 与 25° + AT8/2 之间变化。这些要求应各自独立地考虑。

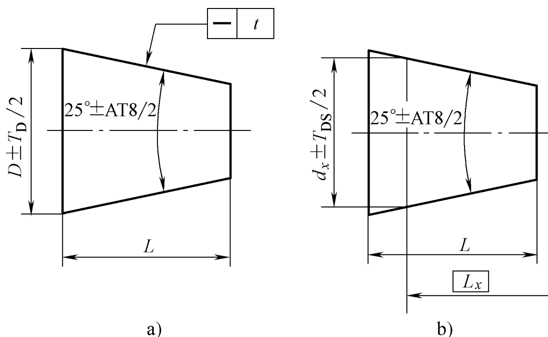


图 145　公差锥度法

图145b中给定了给定圆锥截面直径公差 T_{DS} 和圆锥角公差AT8。该要求表示：该圆锥的给定截面圆锥直径应在 $d_x+T_{DS}/2$ 和 $d_x-T_{DS}/2$ 之间变化；圆锥角应在 $25°-AT8/2$ 与 $25°+AT8/2$ 之间变化。这些要求应各自独立考虑。

由此可见，采用公差锥度法标注锥度公差时，不构成两同轴圆锥面公差区。此时，给定的圆锥直径公差仅控制该截面圆锥直径偏差，不再控制圆锥角偏差。图145中 T_D（或 T_{DS}）和AT各自分别规定，分别满足要求，故按独立原则解释。

采用公差锥度法标注时，若有需要，可附加给出有关几何公差要求做进一步控制。图145a中给出了圆锥的素线直线度公差要求为 t。该要求应独立考虑，即该圆锥各素线直线度误差均不得大于 t。

公差锥度法仅适用于对某给定截面圆锥直径有较高要求的圆锥和密封及非配合圆锥。

生产中可根据零件的功能需要，选取适宜的方法标注圆锥的公差。

141. 圆锥配合有哪些种类？圆锥配合的形成分哪两类方式？

答：圆锥配合与前述圆柱配合一样，可分为以下三类。

1）间隙配合。这类配合具有间隙，而且间隙大小可以调整，用于相对转动精度要求较高的机构中，如车床主轴的圆锥轴颈与圆锥轴承衬套的配合。

2）过渡配合。这类配合可能有间隙或过盈，主要用于要求配合接触紧密，定位精确的配合。

3）过盈配合。这类配合具有过盈，在承载的情况下借助于相互配合的圆锥面间的摩擦力自锁，能够产生足够的摩擦力来传递转矩。例如，钻头（或铰刀）的圆锥柄与机床主轴的圆锥孔的配合。

圆锥配合的配合特征是通过相互结合的内、外圆锥规定的轴向位置来形成间隙或过盈。按确定相结合的内、外圆锥轴向位置不同的方法，圆锥配合的形成有以下方式。



1）结构型圆锥配合。由内、外圆锥的结构或基准之间的尺寸，确定装配的最终位置而获得所需配合，如图 146 所示。这种方式可以得到间隙配合、过渡配合和过盈配合。

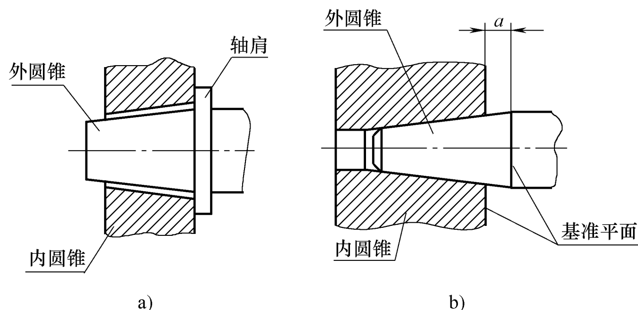


图 146　结构型圆锥配合

如图 146a 所示，在外圆锥最大圆锥直径截面处设有轴肩，装配时轴肩端面与内圆锥端面相接触，而确定了装配的最终位置，从而确定了该圆锥配合为间隙配合。

又如图 146b 所示，外圆锥以外锥面与圆柱面相贯截面和内圆锥端面为基准平面，两基准平面初始位置间距为 a。装配时将外圆锥压入内圆锥，直到两基准平面重合（$a=0$）作为装配的最终位置，从而确定了该圆锥配合为过盈配合。

2）位移型圆锥配合。由内、外圆锥实际初始位置（P_a）开始，做一定的相对轴向位移（E_a）或施加一定的装配力而获得的配合，如图 147 所示。前者可以得到间隙配合和过盈配合；而后者只能得到过盈配合。

如图 147a 所示，将内圆锥紧密套装在外圆锥上作为初始位置，然后将其沿轴向移动给定的距离 E_a，作为装配的终止位置而获得间隙配合。

又如图 147b 所示，将内圆锥套装到外圆锥上，在不施力的情况下使其表面接触，以此作为初始位置，然后对其施加一定的装配力使其产生相对轴向位移，从而确定装配的终止位置，由此

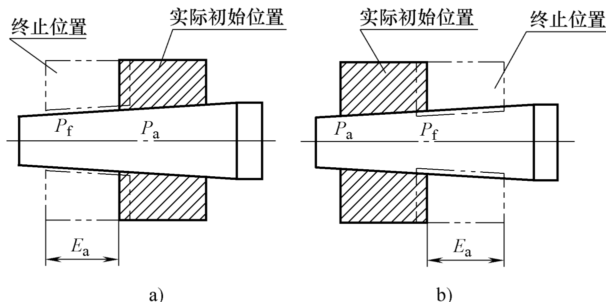


图 147　位移型圆锥配合

获得圆锥的过盈配合。

142. 圆锥配合的基本要求有哪些？

答：如前所述，圆锥配合是公称圆锥相同的内、外圆锥直径之间，由于结合不同所形成的关系。为此，圆锥配合两相配圆锥应满足以下要求。

1）具有相同的锥度或圆锥角。

2）标注尺寸公差的圆锥直径的公称尺寸应一致。

3）相配合的圆锥应保证各配合件的径向和（或）轴向位置。确定直径和位置的理论正确尺寸与两装配件的基准平面有关。

图 148 所示为两相配合的圆锥孔与轴，两相配合锥体的锥度

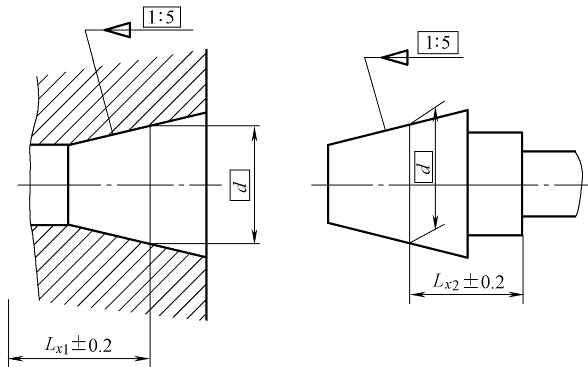


图 148　相配合的圆锥注法（1）



都是 1:5，且各自给定横截面处圆锥直径均给出相同的理论正确尺寸 d。此时，给定横截面的长度分别以各自零件上基准平面给出 L_{x1} 和 L_{x2}，并给出公差，以保证装配后轴向位置的正确。

如图 149 所示，给出两配合件锥度均为 1:5，且两锥体上标注尺寸公差的圆锥直径的公称尺寸都是 150mm，并分别给出不同公差要求。而此时给定横截面的长度分别以各自零件上的基准平面为基准给出理论正确尺寸 L_{x1} 和 L_{x2}，这样可保证装配的轴向位置和配合精度。

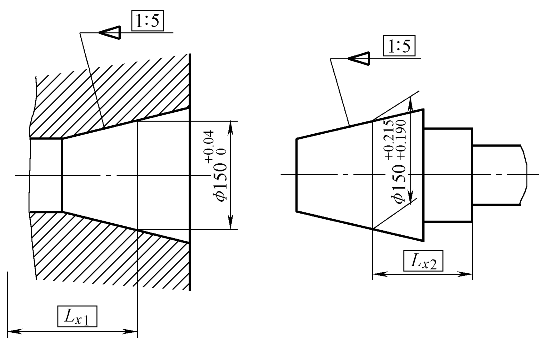


图 149　相配合的圆锥注法（2）

4）结构型圆锥配合推荐采用基孔制。内、外圆锥直径公差带及配合按 GB/T 1801 选取，如 GB/T 1801 给出的常用配合不能满足需要，可按 GB/T 1800 规定的基本偏差和标准公差组成所需配合。

5）位移型圆锥配合的内、外圆直径公差带的基本偏差推荐用 H、h、JS、js，其轴向位移的极限值按 GB/T 1801 规定的极限间隙或极限过盈来计算。

143. 怎样选定结构型圆锥配合？

答：结构型圆锥配合，其配合性质由内、外圆锥直径公差带决定。因此，这类圆锥配合性质，完全可由公称圆锥直径根据零件的功能需要，并按前面所述圆柱公差配合的原则选定其配合及孔、轴的公差带。

图150所示为一锥套与一锥轴相配合，要求靠其过盈配合传递较大转矩（具体设计计算可参阅GB/T 15755—1995《圆锥过盈配合的计算和选用》），按结构型圆锥配合设计，以外圆锥的轴肩与内圆锥最大圆锥直径端面为最终位置相配合。

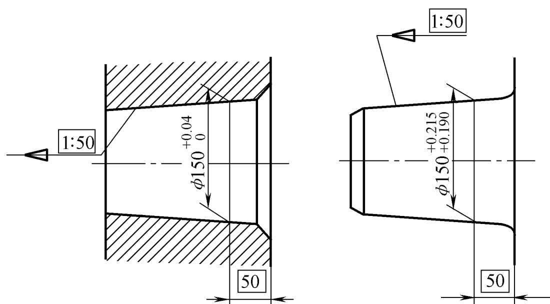


图150　结构型圆锥配合示例

首先选定锥度为1∶50，采用给定横截面处圆锥直径作为配合直径，该直径轴向位置距定位面50mm处，以理论正确尺寸给出。给定横截面处圆锥直径为ϕ150mm。为满足较大过盈配合要求，根据GB/T 1801中规定选用优先配合H7/u6。由此可得圆锥孔直径$\phi150\text{H7}\left(^{+0.040}_{0}\right)$；圆锥轴直径$\phi150\text{u6}\left(^{+0.215}_{+0.190}\right)$。由此可得：

内圆锥　上极限尺寸 D_{max}　150.040mm

下极限尺寸 D_{min}　150.000mm

公差 T_{Di}　0.040mm

外圆锥　上极限尺寸 d_{max}　150.215mm

下极限尺寸 d_{min}　150.190mm

公差 T_{De}　0.025mm

过盈配合　最大过盈 $\delta_{max} = 150\text{mm} - 150.215\text{mm} = -0.215\text{mm}$

最小过盈 $\delta_{min} = 150.040\text{mm} - 150.190\text{mm} = -0.150\text{mm}$



配合公差 $T_{DP} = T_{Di} + T_{De}$

$= 0.040\text{mm} + 0.025\text{mm} = 0.065\text{mm}$

144. 怎样选定位移型圆锥配合？

答：位移型圆锥配合是由内、外圆锥轴向位移（E_a）决定。

轴向位移（E_a）是指相互结合的内、外圆锥，从实际初始位置（P_a）到终止位置（P_f）移动的距离（图 147）。

初始位置（P）是指在不施加力的情况下，相互结合的内、外圆锥表面接触时的轴向位置。而实际初始位置（P_a）则是指相互结合的内、外实际圆锥的初始位置（图 147）。

终止位置（P_f）是指相互结合的内、外圆锥，为使其终止状态得到要求的间隙或过盈，所规定的相互轴向位置（图 147）。

为控制实际初始位置的变动，位移型圆锥配合的内、外圆锥直径也应给出适当的公差。标准中推荐其直径公差带的基本偏差一般选用 H、h、JS、js，其轴向位移的极限值按 GB/T 1801 规定的极限间隙或极限过盈来计算。

由于相配合的内、外圆锥直径都给定公差，由此便产生极限初始位置，即初始位置允许的界限 P_1 和 P_2，如图 151 所示。

极限初始位置 P_1 为内圆锥以最小极限圆锥，外圆锥以最大极限圆锥接触时的位置。

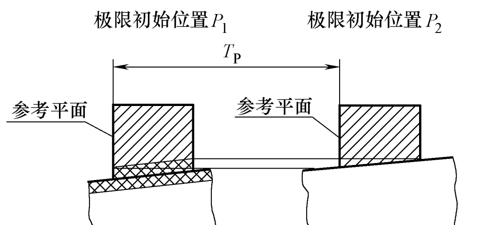


图 151　极限初始位置

极限初始位置 P_2 为内圆锥以最大极限圆锥，外圆锥以最小极限圆锥接触时的位置。

由此可见，实际初始位置 P_a 便可控制在极限初始位置 P_1 和 P_2 之间。

初始位置公差 T_P 是指初始位置的变动量。它等于极限初始位置 P_1 和 P_2 之间的距离（图 151）。

$$T_P = \frac{1}{C}(T_{Di} + T_{De})$$

式中　C——锥度；

T_{Di}——内圆锥公差；

T_{De}——外圆锥公差。

如上所述，位移型圆锥配合是由内、外圆锥相对轴向位移来决定。当根据功能要求给出圆锥配合的性质（间隙配合或过盈配合）及配合极限值后，由此便可确定其极限轴向位移。

最小轴向位移 E_{amin} 是指在相互结合的内、外圆锥的终止位置上，得到最小间隙或最小过盈的位置。

最大轴向位移 E_{amax} 是指在相互结合的内、外圆锥的终止位置上，得到最大间隙或最大过盈的轴向位置。

图 152 所示为在终止位置上得到最大最小过盈示例。

位移型圆锥配合的位移极限值（E_{amin}、E_{amax}）和轴向位移公差（T_E）按下列公式计算。

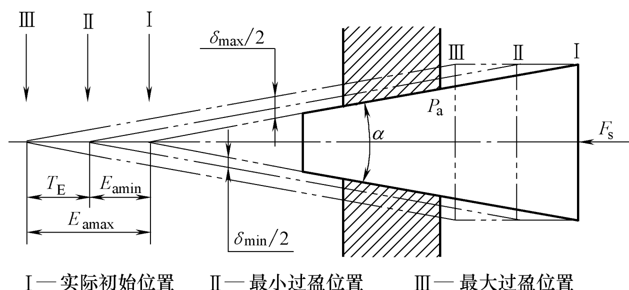


图 152　位移型圆锥过盈配合

1）对于间隙配合

$$E_{amin} = \frac{1}{C} \times S_{min}$$



$$E_{amax}=\frac{1}{C}\times S_{max}$$

$$T_E=E_{amax}-E_{amin}$$

$$=\frac{1}{C}(S_{max}-S_{min})$$

式中　C——锥度；

S_{max}——配合最大间隙量；

S_{min}——配合最小间隙量。

2）对于对盈配合

$$E_{amin}=\frac{1}{C}\delta_{min}$$

$$E_{amax}=\frac{1}{C}\delta_{max}$$

$$T_E=E_{amax}-E_{amin}$$

$$=\frac{1}{C}(\delta_{max}-\delta_{min})$$

式中　C——锥度；

δ_{max}——配合最大过盈量；

δ_{min}——配合最小过盈量。

锥度过盈配合还可采取一定装配力来获取所需的过盈配合。

装配力（F_s）是指相互结合的内、外圆锥，为在终止位置（P_f）得到要求的过盈量所施加的轴向力（图152）。装配力大小需根据零件结构经机械设计计算取得。

145. 圆锥检测有哪些方法?

答: 圆锥常用下列三种方法检测。

（1）绝对测量法　绝对测量法测量锥度是指用计量器具测量圆锥角的数值，然后按 $C=2\tan(\alpha/2)$ 求解得锥度。使用的计量器具有游标万能角度尺、光学测角仪等。这种方法测量精度高，但操作较为复杂，通常在计量室使用。

（2）量规检验法　圆锥量规检验法与前述光滑极限量规一样，采用精度较高的圆锥（通常圆锥工作量规的圆锥直径公差

应小于被检验的圆锥零件直径公差的1/3）与被检验的圆锥相配合，根据其配合时轴向位置和接触率，来判断其是否合格。

圆锥量规的名称、代号与用途，见表49。

表49　圆锥量规的名称、代号与用途

量规名称	代号	形式	用　　途
工作量规	G		检验零件的圆锥尺寸和圆锥角
	GD		检验零件的圆锥尺寸
	GR		检验零件的圆锥角
圆锥塞规		外锥	检验零件的内锥
圆锥环规		内锥	检验零件的外锥
校对塞规	J	外锥	检验工作环规的圆锥尺寸和圆锥角

国家标准中对于圆锥角公差等级为AT3～AT8的零件所用圆锥量规分为1、2、3三个精度等级，其使用范围如下。

1级用于检验圆锥角公差等级为AT3、AT4的零件；

2级用于检验圆锥角公差等级为AT5、AT6的零件；

3级用于检验圆锥角公差等级为AT7、AT8的零件。

圆锥量规还规定有A型（不带扁尾的）和B型（带扁尾的）两种形式。B型圆锥量规仅用来检验零件的圆锥尺寸，不检验零件的锥角。

圆锥量规的非工作表面上均标志有规格、型号和精度等级、量规用途代号。检验零件圆锥直径的量规不标志精度等级。

用圆锥量规进行检验时，首先应按被测圆锥的结构尺寸规格、精度等级选择适宜的量规，如图153所示。

在量规的大端（或小端）处设有允许的轴向位移量Z标志线（图153a）或小台阶（图153b）。用工作量规检验零件的圆锥直径时，被测零件的大端（或小端）直径平面应处于Z标志线（或小台阶）之内，即为合格。

Z标志线如用刻线标志时，其计量位置为：对塞规应以刻线的前边缘为准；对环规应以刻线的后边缘为准（图153右侧局部放大图）。



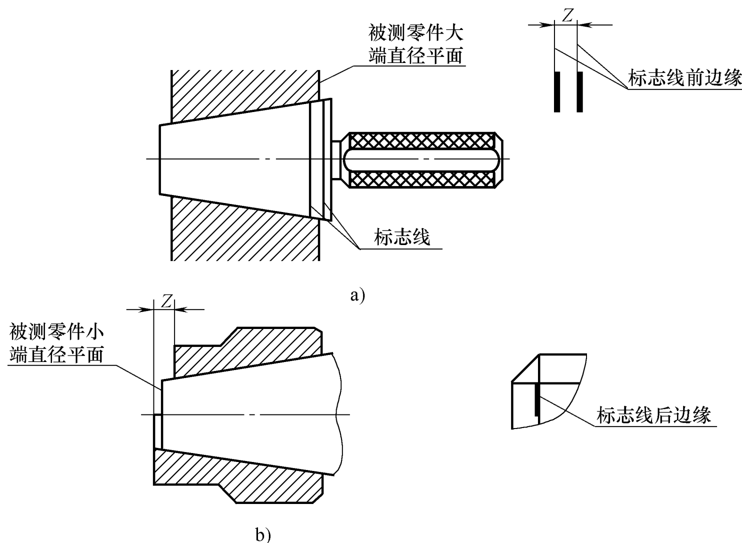


图 153　圆锥量规

上述规定的 1、2、3 级三个精度等级的量规，可以用涂色研合的方法检验零件的圆锥角精度。其方法是：先按表 50 中规定要求在锥面上均匀地涂色，然后把量规与被测圆锥对研（来回旋转角应小于 120°），研合时的轴向测力应控制在 100N 以下。根据两锥面上接触斑点，判定其接触率，按表 50 中规定的接触率要求，判断其圆锥角精度是否合格。

表 50　用涂色研合法检验圆锥度精度

圆锥工作塞规的精度等级	零件的公差等级	圆锥长度 L/mm					接触率 ψ（%）大于
		>6 ~ 16	>16 ~ 40	>40 ~ 100	>100 ~ 250	>250 ~ 630	
		涂色层厚度 δ/μm 不大于					
1	AT3	—	—	—	0.5	1.0	85
	AT4	—	—	0.5	1.0	1.5	80
2	AT5	—	—	0.5	1.0	1.5	75
	AT6	—	0.5	1.0	1.5	2.5	70

（续）

圆锥工作塞规的精度等级	零件的公差等级	圆锥长度 L/mm					接触率 ψ（%）大于
		>6～16	>16～40	>40～100	>100～250	>250～630	
		涂色层厚度 δ/μm 不大于					
3	AT7	—	0.5	1.0	1.5	2.5	65
	AT8	0.5	1.0	1.5	3.0	5.0	60

（3）间接测量法　间接法测量锥度是指用正弦规、圆柱、钢球等量具，先测量与圆锥角有关的线性尺寸，然后利用计算公式求解被测圆锥角和锥度的数值。

例如，利用正弦规测量外锥体的圆锥角，如图154所示。在正弦规的一个圆柱下垫一高度为 h 的量块（$h=L\sin\alpha$），此时正弦规工作面相对于平面倾斜角 α 等于被测锥体的圆锥角。然后将被测锥体沿其圆锥角方向与正弦规夹角相反方向放到正弦规上，利用指示表测量锥体上相距为 l 的 A、B 两点。由 A、B 两点的读数差 n 对长度 l 之比，即可求得锥度误差 $\Delta C=n/l$(rad)。换算成角度值 $\Delta\alpha=\Delta C\times2\times10^5$（′）。

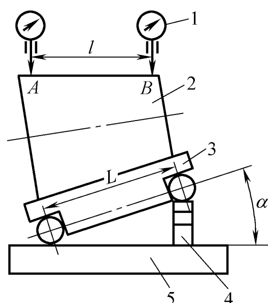


图154　用正弦规测量外锥体
1—指示表　2—被测零件　3—正弦规　4—量块　5—平板

又例如，用圆球测量内锥体，如图155所示。取两个直径分别为 D_1 和 D_2 的圆球先后放入内锥体，以被测内锥体最大直径端的端面为基准，分别测出圆球顶点到该基面的距离 H_2 和 H_1，

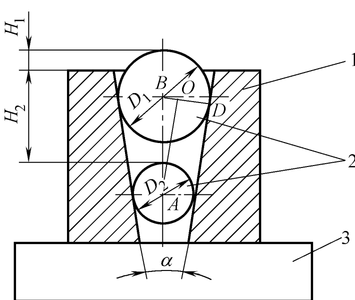


图155　双圆球测量内锥体
1—被测零件　2—圆球　3—平板



然后按下式求解内锥体素线夹角 $\alpha/2$ 的数值，由此便可推算出圆锥角 α 及锥度 C 的数值。

$$\sin\frac{\alpha}{2}=\frac{D_1-D_2}{2H_1+2H_2-D_1+D_2}$$

注意：上式中当 D_1 圆球凸出于基面时取“+”值；没有凸出时则应取“-”值。

用间接法测量圆锥，手续麻烦，且要经过繁杂的计算，故只适用于单件小批生产。在成批生产时，锥形连接的零件一般都采用圆锥量规来检验。

滚动轴承的公差与配合

146. 什么是滚动轴承？滚动轴承的基本构造是怎样的？

答：用于支承载荷，且彼此相对运动的零件间做滚动运动的支承，称为滚动轴承。它可用于承受径向、轴向或径向与轴向联合载荷。由于它摩擦因数小，承载能力强，且已形成具有不同结构、不同规格，可由专业厂提供的系列产品，因而在各种机械中得到广泛应用，特别适用于高速运转机构。

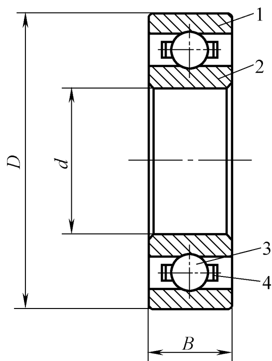


图 156　滚动轴承
1—外圈　2—内圈
3—滚动体　4—保持架

由于用途和工作条件不同，滚动轴承结构形式多种多样，但其基本结构都是由内圈 2、外圈 1、滚动体 3 和保持架 4 等基本零件构成，如图 156 所示。

（1）内圈　通常与轴颈相配合，多数情况下，内圈与轴颈一起旋转。内圈外圆表面上有供钢球或滚子滚动用的内滚道。

（2）外圈　通常支承在轴承座或机器的壳体上，起支承滚动体的作用。外圈的内表面上有供钢球或滚子滚动用的外滚道。

（3）滚动体　它是指在内外滚道间滚动的球或滚子。滚动体装在内圈和外圈之间，起滚动和传递载荷的作用。滚动体是承受载荷的零件，其形状、大小和数量决定了轴承承受载荷的能力和高速运转的性能。

（4）保持架　将轴承中的滚动体均匀地相互隔开，使每个滚动体在内外圈之间正常滚动。

除此之外，各种不同结构的轴承与其相配的零件还有防尘



盖、密封圈、止动垫圈及紧定套等。

147. 滚动轴承分为哪些类型？其代号表示什么意义？

答：生产中应用的滚动轴承种类多种多样，按其结构特点和使用性能要求不同，有以下多种分类。

（1）按承受载荷的方向，可分为：

1）向心轴承（图 157a）。它主要用于承受径向载荷的滚动轴承，即垂直于轴承旋转轴线所作用的负荷。

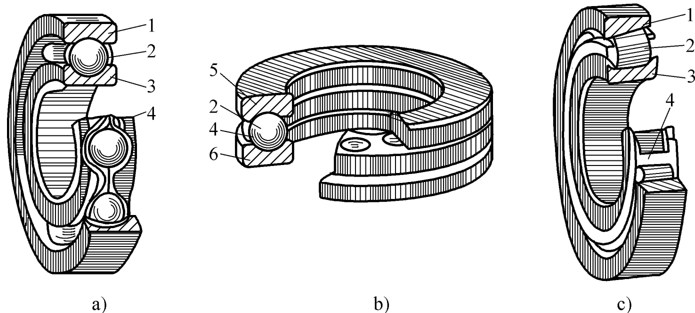


图 157　滚动轴承类型

1—外圈　2—滚动体　3—内圈　4—保持架　5—上圈　6—下圈

2）推力轴承（图 157b）。它主要用于承受轴向载荷的滚动轴承，即沿着轴承旋转轴线所作用的负荷。

3）向心推力轴承（图 157c）。它同时承受径向力和轴向力。

（2）按轴承的滚动体种类，可分为：

1）球轴承（图 157b）。它的滚动体为球状。

2）滚子轴承（图 157c）。它的滚动体为滚子。滚子的种类多种多样，有圆柱滚子、圆锥滚子、调心滚子（球面）及滚针等。

（3）按轴承的结构特点，可分为：

1）调心轴承。滚道是球面形的，能适应两滚道轴心线间的角偏差及角运动的轴承。

2）刚性轴承。能阻抗滚道间轴心角偏移的轴承。

（4）按轴承滚动体的列数，可分为：

1）单列轴承。具有一列滚动体的轴承。

2）双列轴承。具有两列滚动体的轴承。

3）多列轴承。具有多于两列滚动体的轴承。

（5）按轴承外径尺寸大小，可分为：

1）微型轴承。公称外径尺寸 $D \leqslant 26$mm 的轴承。

2）小型轴承。公称外径尺寸 26mm $< D \leqslant 60$mm 的轴承。

3）中小型轴承。公称外径尺寸 60mm $< D \leqslant 120$mm 的轴承。

4）中大型轴承。公称外径尺寸 120mm $< D \leqslant 200$mm 的轴承。

5）大型轴承。公称外径尺寸 200mm $< D \leqslant 400$mm 的轴承。

6）特大型轴承。公称外径尺寸 $D > 400$mm 的轴承。

国家标准规定：滚动轴承代号是用字母加数字来表示滚动轴承的结构、尺寸、公差等级、技术性能等特征的产品符号。

滚动轴承代号是由前置代号、基本代号和后置代号三部分构成，见表51。

表51　滚动轴承代号的排列顺序

<table>
<tr><td colspan="12">轴承代号</td></tr>
<tr><td rowspan="2">前置代号</td><td colspan="3" rowspan="2">基本代号</td><td colspan="8">后置代号(组)</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">成套轴承分部件</td><td rowspan="2">类型代号</td><td>尺寸系列代号</td><td>内径代号</td><td rowspan="2">内部结构</td><td rowspan="2">密封与防尘套圈变形</td><td rowspan="2">保持架及其材料</td><td rowspan="2">轴承材料</td><td rowspan="2">公差等级</td><td rowspan="2">游隙</td><td rowspan="2">配置</td><td rowspan="2">其他</td></tr>
<tr><td colspan="2">配合安装特征尺寸表示</td></tr>
</table>

（1）基本代号　表示轴承的基本类型、结构和尺寸，是轴承代号的基础。它是由轴承类型代号、尺寸系列代号和内径代号依次排列构成，用数字或字母表示。

（2）前置代号　表示轴承在结构形状、尺寸、公差、技术要求等有改变时，在其基本代号左侧添加的补充代号，用字母表示。

（3）后置代号　表示轴承在结构形状、尺寸、公差、技术



要求等有改变时，在其基本代号右侧添加的补充代号，用字母（或加数字）表示。

上述代号中字母与数字所表示的含意，可查阅 GB/T 272—1993 有关规定。

148. 滚动轴承公称尺寸有哪些？其尺寸公差与旋转精度规定有哪些项目？

答：滚动轴承公称尺寸有公称内径、公称外径和公称宽度（图 156）。

公称内径 d 是指包容公称圆柱孔理论内孔表面的圆柱体的直径，或在一指定的径向平面内，包容公称圆锥孔理论内孔表面的圆锥体的直径。它一般作为实际内孔表面偏差的基准值（公称直径）。

公称外径 D 是指包容外表面的圆柱体直径。它一般作为实际外圆表面偏差的基准值（公称直径）。

套圈公称宽度 B（内圈）或 C（外圈）是指套圈两理论端面间的距离。它一般作为实际宽度偏差的基准值（公称尺寸）。

根据滚动轴承使用性能要求及其结构特点，标准中规定了以下尺寸公差与旋转精度要求。

下述公差用术语及下标符号含义如下。

单一平面——能够进行测量的任一径向或轴向平面。

单一尺寸——任意两相对点之间测得的任意距离（局部实际尺寸）。

实际尺寸——通过测量获得的某一零件的尺寸。

S——适用于成套轴承或轴承游隙。

e——适用于外圈。

i——适用于内圈。

m——测量值的算术平均值。

p——测量所在平面。

r——适用于径向游隙。

s——单一或实测值。

w——适用于滚动体。

1、2…——直径或宽度不止一个时的标注符号，适用于套圈或组件。

（1）内径偏差

1）单一内径偏差 Δ_{ds}——单一内径与公称内径之差，即 $\Delta_{ds}=d_s-d$。单一内径 d_s 是指与实际内孔表面和一径向平面交线相切的两条平行切线之间的距离。

2）内径变动量 V_{ds}——单个套圈最大与最小单一内径之差，即 $V_{ds}=d_{smax}-d_{smin}$。

3）平均内径偏差 Δ_{dm}——平均内径与公称内径之差，即 $\Delta_{dm}=d_m-d$。

平均内径 d_m 是指单个套圈最大与最小单一内径的算术平均值，即 $d_m=\dfrac{d_{smax}+d_{smin}}{2}$。

4）单一平面平均内径偏差 Δ_{dmp}——单一平面平均内径与公称内径之差，即 $\Delta_{dmp}=d_{mp}-d$。

单一平面平均内径 d_{mp}是指最大与最小单一平面单一内径的算术平均值，即 $d_{mp}=\dfrac{d_{smax}+d_{smin}}{2}$。

5）单一平面内径变动量 V_{dsp}——最大与最小单一平面单一内径之差，即 $V_{dsp}=d_{spmax}-d_{spmin}$。

6）平均内径变动量（公称圆柱孔）V_{dmp}——单个套圈最大与最小单一平面平均内径之差，即 $V_{dmp}=d_{mpmax}-d_{mpmin}$。

（2）外径偏差

1）单一外径偏差 Δ_{Ds}——单一外径与公称外径之差，即 $\Delta_{Ds}=D_s-D$。

2）外径变动量 V_{Ds}——单个套圈最大与最小单一外径之差，即 $V_{Ds}=D_{smax}-D_{smin}$。

3）平均外径偏差 Δ_{Dm}——平均外径与公称外径之差，即 $\Delta_{Dm}=D_m-D$。

平均外径（公称圆柱外表面）D_m 是指单个套圈最大与最小



外径的算术平均值，即 $D_m = \dfrac{D_{smax} + D_{smin}}{2}$。

4）单一平面平均外径偏差 Δ_{Dmp}——单一平面平均外径与公称外径之差，即 $\Delta_{Dmp} = D_{mp} - D$。

单一平面平均外径 D_{mp}是指最大与最小单一平面单一外径的算术平均值，即 $D_{mp} = \dfrac{D_{spmax} + D_{spmin}}{2}$。

5）单一平面外径变动量 V_{Dsp}——最大与最小单一平面单一外径之差，即 $V_{Dsp} = D_{spmax} - D_{spmin}$。

6）平均外径变动量 V_{Dmp}——单个套圈最大与最小单一平面平均外径之差，即 $V_{Dmp} = D_{mpmax} - D_{mpmin}$。

（3）宽度和高度偏差

1）套圈单一宽度偏差 Δ_{Bs}或 Δ_{Cs}——套圈单一宽度与公称宽度之差，即 $\Delta_{Bs} = B_s - B$ 或 $\Delta_{Cs} = C_s - C$。

2）套圈宽度变动量 V_{Bs}或 V_{Cs}——单个套圈最大与最小单一宽度之差，即 $V_{Bs} = B_{smax} - B_{smin}$或 $V_{Cs} = C_{smax} - C_{smin}$。

3）轴承实际宽度偏差（由内圈一端面和外圈一端面来限定轴承宽度的向心轴承）Δ_{Ts}——轴承实际宽度与轴承公称宽度之差，即 $\Delta_{Ts} = T_s - T$。

4）轴承实际高度偏差（推力轴承）Δ_{Ts}——轴承实际高度与公称高度之差，即 $\Delta_{Ts} = T_s - T$。

（4）旋转精度

1）成套轴承内圈径向圆跳动（向心轴承）K_{iS}——内圈内孔表面在内圈不同的角位置相对于外圈一固定点间的最大与最小径向距离之差。

2）成套轴承外圈径向圆跳动（向心轴承）K_{eS}——外圈外表面在不同的角位置相对于内圈一固定点间最大与最小径向距离之差。

3）成套轴承内圈异步径向圆跳动（向心轴承）K_{ieS}——内圈正反向旋转若干圈测量时，外圈外表面上任一固定点相对内圈

内孔表面上一固定点间的最大与最小径向距离之差。

4）成套轴承内圈轴向跳动（深沟球轴承）S_{iS}——在距内圈轴线的径向距离等于内圈滚道接触直径一半处，内圈基准端面在内圈不同的角位置相对外圈一固定点间最大与最小轴向距离之差。

5）成套轴承外圈轴向跳动（深沟球轴承）S_{eS}——在距外圈轴线的径向距离等于外圈滚道接触直径一半处，外圈基准端面在外圈不同的角位置相对内圈一固定点间最大与最小轴向距离之差。

（5）内部游隙

1）径向游隙（能承受纯径向载荷的轴承，非预紧状态）G_r——在不同角方向不承受任何外载荷，一套圈相对另一套圈从一个径向偏心极限位置移到相反的极限位置的径向距离的算术平均值。

2）轴向游隙（能承受两个方向轴向载荷的轴承，非预紧状态）G_S——不承受任何外载荷，一套圈相对另一套圈从一个轴向极限位置移到相反的极限位置的轴向距离的算术平均值。

149. 滚动轴承的公差等级是怎样规定的?

答: 国家标准规定，滚动轴承按其尺寸公差与旋转精度分级：

1）向心轴承（圆锥滚子轴承除外）分为0、6、5、4、2五级。公差等级依次由低到高排列。

2）圆锥滚子轴承分为0、6X、5、4、2五级。公差等级依次由低到高排列。

3）推力轴承分为0、6、5、4四级。公差等级依次由低到高排列。

0级轴承是滚动轴承的基本公差等级，在各类机械中应用最广泛。它主要用于旋转精度要求不高的机构中，如卧式机床变速机构、进给机构，汽车、拖拉机的变速机构，普通电动机、水泵、农业机械、压缩机及涡轮机等一般通用机械的旋转机构。



6、5 级轴承用于旋转精度或转速较高的轴系中，如普通机床主轴所用的轴承（前支承采用 5 级，后支承采用 6 级），较精密的仪器、仪表以及精密机械的旋转机构。

4、2 级轴承用于旋转精度或转速要求很高的超精密轴系中，如精密坐标镗床、精密齿轮磨床的主轴系统，精密仪器、仪表等。

6X 级和 6 级轴承的内径公差、外径公差和径向圆跳动公差的要求完全相同，仅在装配宽度精度要求上，6X 级比 6 级更为严格。若在轴承安装时，不要求人工调整轴向游隙时，应选用 6X 级轴承。

滚动轴承标准化、系列化、通用化水平很高，产品均由规模较大的专业化企业生产。因此，滚动轴承应作为一标准件生产，其内孔与轴颈的配合应采用基孔制，以轴承的内孔作为基准孔；同样，轴承的外圈与外壳孔的配合则应采用基轴制，即以轴承的外圈为基准轴。为此，按照不同公差等级的要求，各级轴承内、外径的公差带应按图 158 所示位置来确定。

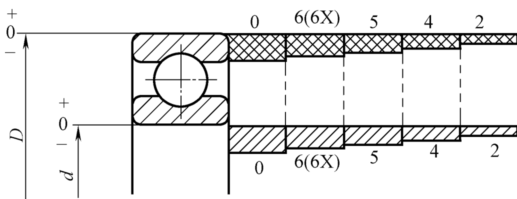


图 158　滚动轴承内、外径公差带

应当指出：作为基准孔的轴承内圈孔的公差带位置与前述基准孔 H 的公差带布置不同，后者是布置在零线上方，而前者则布置在零线下方。原因是：轴承内圈通常与轴一起旋转，为防止内圈与轴颈配合面相对滑动而产生磨损，影响轴承的工作性能，因此两者配合应具有一定的过盈量，但过盈量又不宜过大；若作为基准孔的内圈孔仍采用基本偏差 H 的公差带布置，与其相配合的轴颈公差带从标准中优先、常用和一般公差带中选取，如选用过渡配合其过盈量偏小，而选用过盈配合其过盈量又偏大，均

不能满足轴承配合的需要；若采用非标准公差带，则违反了标准化与互换性原则，给生产带来不便；为此，国家标准《滚动轴承公差》中规定：内圈基准孔公差带位于公称内径 d 的零线下方（图 158）；以此基准孔的公差带与基孔制配合的轴公差带组成配合，便可组成过盈量较大的过渡配合或小过盈的过盈配合。

作为基准轴的轴承外圈的公差带则与基轴制基本偏差 h 的公差带基本一致，均位于零线下方。这是因为轴承外圈安装在外壳孔中，通常不旋转。考虑到工作时温度会升高使支承轴热胀，而产生轴向移动，因此，两端轴承中有一端应是游动支承，即把外圈与外壳孔配合稍松一些，使之能补偿轴的热伸长量，以免造成轴弯曲变形使轴承内部卡死。为此规定轴承外圈公差带位于公称外径 D 的零线下方（图 158），它与基本偏差 h 的公差带相似，但公差值不同。这样的基准轴公差带与基轴制配合的孔公差带组成的配合，基本上保持《极限与配合》标准中的配合性质。

国家标准中对 148 题中所列各项尺寸公差与旋转精度，均按公差等级分别给出具体规定，见 GB/T 307。

150. 滚动轴承的安装有何要求？

答：滚动轴承安装在机器上，其内圈与轴颈配合，外圈与壳体孔配合，它们之间的配合性质应能保证轴承正常的工作性能。为此在安装滚动轴承时，必须满足以下要求。

1）必要的旋转精度。轴承在工作时，其内、外圈和端面的圆跳动会引起机件运转不平稳，从而影响传动零件的回转精度。因此根据功能需要，必须选用相应精度的滚动轴承。

2）滚动体与套圈之间有合适的径向游隙 δ_1 和轴向游隙 δ_2，如图 159 所示。

径向游隙 δ_1（图 159a）和轴向游隙 δ_2（图 159b）过大，会引起转轴较大的径向圆跳动和轴向窜动，使轴承工作时产生较大的振动和噪声。游隙过小，若轴承与轴颈、外壳的配合为过盈配合，则会使轴承滚动体与套圈产生较大的接触应力，增加轴承摩擦发热，以致降低轴承使用寿命。为此，正确选择滚动轴承与其



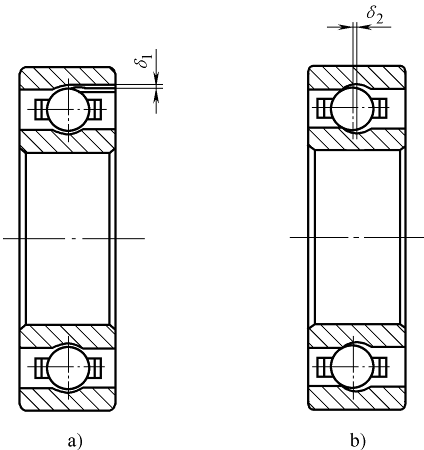


图 159　滚动轴承的游隙

组合的轴及孔的配合，是保证滚动轴承良好工作的重要条件。

151. 滚动轴承与轴和孔的配合公差带是怎样规定的？

答：如前所述，滚动轴承本身内径和外径的公差带已由其公称尺寸和公差等级所确定，因此，轴承与轴及外壳孔间所需配合性质，则要由轴及外壳孔的公差带来确定。也就是说，轴承配合的选择就是确定与轴承配合的轴及外壳孔的公差带。

国家标准 GB/T 275—2015《滚动轴承　配合》中，对轴承与轴和外壳孔间的配合种类及极限偏差做了相应规定。

标准中对不同公差等级的轴承，根据其配合性质的不同要求，规定了不同的公差带，见表 52。

表 52　各级公差轴承与轴和外壳孔的公差带

轴承公差等级	配合零件	配合种类		
		间隙	过渡	过盈
0、6	轴	g5 g6	h4 js4 h5 j5 js5 h6 j6 js6 h8 h9	k4 k5 m5 k6 m6 n6 p6 r6 r7

（续）

轴承公差等级	配合零件	配合种类		
		间隙	过渡	过盈
0、6	孔	H5 G6　H6 G7　H7 H8	JS5　K5　M5 J6　JS6　K6　M6 J7　JS7　K7　M7　N7	N6　P6 P7
5	轴		h5　j5　js5	k5　m5 k6　m6
	孔	G6　H6	JS5　K5　M5 JS6　K6　M6	
4	轴		h4　js4 h5　js5	k4 k5　m5
	孔	H5	JS5　K5 K6	M5

轴和外壳孔公差带与轴承内径和外径公差带的相对位置，如图160所示。

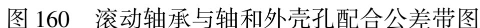


图160　滚动轴承与轴和外壳孔配合公差带图



由以上图表可以看出：

1）轴和外壳孔的公差带应依据所采用轴承的公差等级确定，高等级公差轴承应选用高等级的孔和轴公差带与其相配合。

2）轴公差等级应高于孔公差等级，一般相差一级。

3）轴与轴承内孔的配合应比外壳孔与轴承外径的配合要紧一些。

152. 怎样合理选择滚动轴承和轴与外壳孔的配合？

答：正确地选择轴承配合，对保证机器正常运转，提高轴承的使用寿命，充分发挥轴承的承载能力关系很大。选择轴承配合时，应综合地考虑轴承的工作条件，作用在轴承上的负荷大小、方向和性质，轴承的公差等级、类型、尺寸大小、与轴承相配的轴和壳体的材料、结构，工作温度，装拆和调整要求等因素。

（1）负荷类型　轴承承受循环负荷作用时，它与轴和外壳孔间应选用过盈配合或较紧的过渡配合；而承受局部负荷作用时，应选用较松的过渡配合或较小的间隙配合；承受摆动负荷时，其配合应比承受局部负荷紧一些，但比承受循环负荷松一些。

（2）负荷大小　承受较重的负荷或冲击负荷时，应选择较大的过盈配合；承受较轻负荷时，可选较小的过盈配合。

（3）轴承工作条件及旋转精度要求　为防止因热变形使间隙（或过盈）减小，在热负荷影响较大的机械上，受局部负荷作用的外圈应松一些，受循环负荷作用的内圈则应选择紧一些。

（4）轴与外壳孔的结构和材料的影响　采用剖分式外壳孔，应选用较松配合。装在刚性较差的或轻金属外壳或空心轴上时，应选用稍紧些配合。

（5）松紧选择　一般情况下，为了便于安装和拆卸，特别是重型机械，应选用较松配合。

此外，选择轴和外壳孔的公差等级应与轴承公差等级协调。与0级轴承配合的轴一般为IT6，外壳孔一般为IT7。对旋转精度和运转平稳性有较高要求的场合（如电动机），轴应为IT5，外壳孔应为IT6。

实际工作中选用轴承配合时，应根据标准中推荐的公差带，结合实际应用情况，可参考有关专业标准及技术手册来确定。

键和花键联结的配合与检测

153. 什么是键联结？键联结有哪些种类？

答：利用分别与轴和传动件相配合的专用件——键（又称为单键）所构成的可拆卸联结机构，称为键联结。键联结广泛用作轴和轴上传动件（如齿轮、带轮、手轮、联轴器等）之间的联结，用以传递转矩，或作为导向件做轴间轴向相对运动。

键联结的类型很多，分为平键（图 161a）、半圆键（图 161b）、楔键（图 161c）和切向键。通常用得最多的是平键和半圆键。

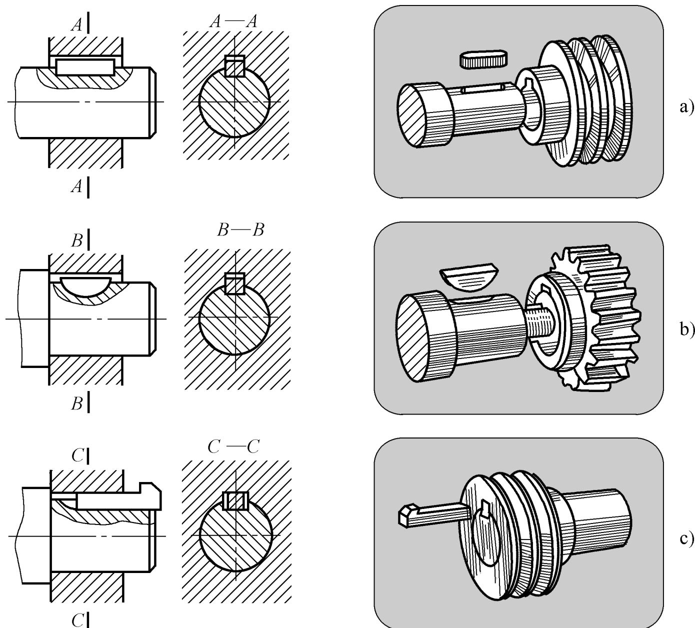


图 161　键的类型

平键联结又可分为普通型平键、导向型平键及薄型平键联结。普通型平键用于固定联结；导向型平键用于轴上零件与轴做相对运动联结；薄型平键用于薄壁结构零件联结。

平键联结制造简单、装拆方便，轴与轮毂相联后对中性好，应用最广泛，可做成静联结或滑动联结。

半圆键联结加工和装配工艺性好，键在槽中能沿槽底做圆弧摆动，但轴上键槽较深，对轴的强度削弱较大，故一般用于轻载联结，多与圆锥连接配合使用。

楔键联结是依靠键的顶面和底面与轮轴间挤压所产生摩擦力而起作用，两侧面与键槽两侧面有间隙。根据其结构及用途不同，又可分为普通型楔键、钩头型楔键和薄型楔键。楔键用于外伸轴轴端处联结，可防止联结件轴向脱落，但拆卸较困难。

154. 键联结的配合特点是什么？

答：平键和半圆键联结是由键、轴槽和毂槽三部分组成，如图162所示。它主要是依靠键和键槽两侧面的挤压力来传递转矩。因此，键和键槽的宽度 b 是主要配合尺寸，通过选择其不同性质的配合，可分别用作固定联结和轴向滑动导向联结。而其他尺寸均为非配合尺寸，规定有较松的间隙配合公差。如键高 h 的上、下面与键槽底面间具有0.2～0.5mm的间隙，以免影响轴与

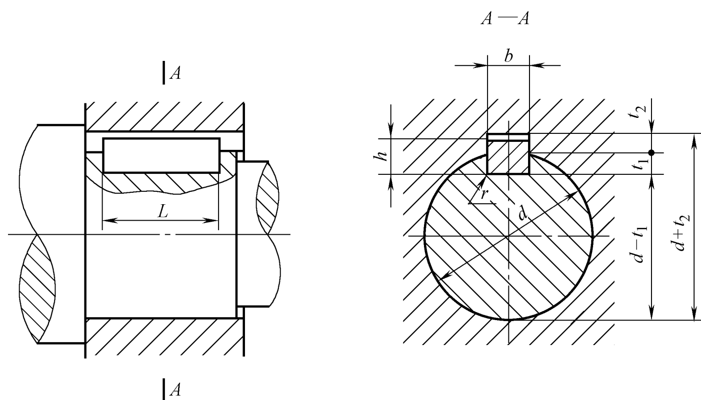


图162　平键和键槽的剖面尺寸



轮毂孔间所确定的配合性质。

平键是一种标准件，是平键联结中的“轴”、其两侧面即与轴槽侧面配合，又与毂槽配合。因此，标准中规定平键联结的键宽与键槽宽的配合采用基轴制配合，且对键宽只规定了一种公差带 h8。这样键可由专业厂生产，使用时主要尺寸不需再进行加工，以便于使用、维修时互换。

为了便于生产，遵循标准化、系列化、通用化的原则，各类单键均制定有完整的国家标准，对键和键槽的剖面尺寸、公差与配合等均做出统一规定。工作中可根据设计要求查阅相应标准。

155. 怎样确定平键联结的尺寸及其公差与配合?

答: 如前所述，平键联结中配合尺寸主要是键和键槽宽度，且采用基轴制配合，以键宽公差带 h8 作为基准轴。为满足各种用途不同松紧程度的配合要求，可通过改变轴槽及毂槽的公差带位置而获得。为此国家标准中对轴槽规定了 H9、N9、P9 三种公差带，对毂槽规定了 D10、JS9、P9 三种公差带。由上述公差带与键宽公差带组成不同松紧程度的配合。标准中给出了正常联结、紧密联结和松联结三种配合形式，如图 163 所示。

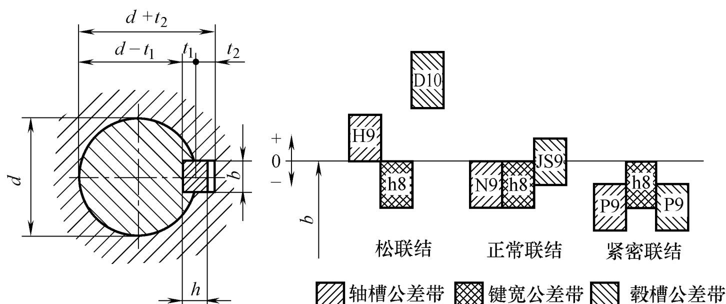


图 163　平键联结公差带

常用的平键键槽的尺寸与公差，见表 53。



表 53 常用的平键键槽的尺寸与公差 （单位：mm）

轴尺寸①	键尺寸 $b \times h$	键槽											
		宽度 b						深度				半径 r	
		公差尺寸	极限偏差					轴 t_1		毂 t_2			
			正常联结		紧密联结	松联结		公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差		
			轴 N9	毂 JS9	轴和毂 P9	轴 H9	毂 D10					min	max
>10～12	4×4	4	0 −0.030	±0.015	−0.012 −0.042	+0.030 0	+0.078 +0.030	2.5	+0.1 0	1.8	+0.1 0	0.08	0.16
>12～17	5×5	5						3.0		2.3		0.16	0.25
>17～22	6×6	6						3.5		2.8			
>22～30	8×7	8	0 −0.036	±0.018	−0.015 −0.051	+0.036 0	+0.098 +0.040	4.0	+0.2 0	3.3	+0.2 0		
>30～38	10×8	10						5.0		3.3		0.25	0.40
>38～44	12×8	12	0 −0.043	±0.0215	−0.018 −0.061	+0.043 0	+0.120 +0.050	5.0		3.3			
>44～50	14×9	14						5.5		3.8			
>50～58	16×10	16						6.0		4.3			
>58～65	18×11	18						7.0		4.4			
>65～75	20×12	20	0 −0.052	±0.026	−0.022 −0.074	+0.052 0	+0.149 +0.065	7.5		4.9		0.40	0.60
>75～85	22×14	22						9.0		5.4			
>85～95	25×14	25						9.0		5.4			
>95～110	28×16	28						10.0		6.4			

① 此项为推荐参考值，标准中未列出。



在正常联结中，键宽与轴槽宽的配合为 N9/h8，键宽与毂槽宽的配合为 JS9/h8，两者均属于过渡配合，但前者较紧，故键与轴槽及毂槽之间均为固定联结。该联结形式在一般机械中广泛应用。

在紧密联结中，键宽与轴槽及毂槽之间均为 P9/h8 配合，属于一种较紧的过渡配合。这种键联结用于承受较大载荷、冲击载荷以及双向传递转矩等场合。

在松联结中，键宽与轴槽宽的配合为 H9/h8，属于最小间隙为零的配合。但是，由于几何误差的存在，两者之间实际上是不可动联结。而键宽与毂槽宽的配合为 D10/h8，属于间隙较大的间隙配合，故键与毂槽之间能相对的自由滑动。因此，这种键联结适用于轴上的传动件相对于轴有轴向滑动要求的导向型平键联结。

156. 键联结的一般设计步骤是怎样的?

答: 普通平键联结一般用于固定联结，以直径为 ϕ35mm 的轴上安装一轴向固定齿轮为例，其采用键联结的设计步骤如下。

1）确定键的种类及公称尺寸。该轴上齿轮联结要求轴向固定，且要传递一定转矩，故选用普通型平键。

根据轴的直径为 35mm，参照表 53 中轴的公称尺寸 >30 ~ 38mm 一栏，可选取键宽 $b=10$mm，键高 $h=8$mm 的普遍型平键。

2）确定配合种类和公差。根据该结构特点及功能要求，按照国家标准规定的三类不同特性的配合（表 53），选取适当的配合。

上例中齿轮与轴的联结属于一般机械，无相对滑动要求，且传递载荷也不很大，故选用“正常联结”，即键与轴的宽度（b）配合为 N9/h8，键与轮毂的宽度配合为 JS9/h8。

由表 53 中可查得与其相配合的轴槽和毂槽的尺寸与极限偏差，即沿键尺寸 10×8 一栏依次分别查得：轴槽宽$b=10_{-0.036}^{\ 0}$mm，轴槽深 $t_1=5_{\ 0}^{+0.2}$mm，其在图样中应按 $d-t_1$ 组合尺寸标注，极限

偏差则应按 t_1 的极限偏差选取，但极限偏差值应取负号，即标注为 $d-t_1=30_{-0.2}^{\ 0}$（图 164a）；毂槽宽 $b=(10\pm0.018)$ mm，毂槽深 $t_2=3.3_{\ 0}^{+0.2}$mm，其在图样中也按组合尺寸 $d+t_2$ 标注，极限偏差按 t_2 极限偏差值且符合不变（图 164b）。

3）选取标准平键。根据键联结件具体结构和功能要求，确定普通型平键长度，并按 GB/T 1096—2003《普通型　平键》标准中规定的系列，选取所需标准规格的键。

普通型平键形式、尺寸及公差，见表 54。

普通型平键分为以下三种结构形式。

A 型——两端均为圆弧形。

B 型——两端均为平面形。

C 型——一端为平面形、另一端为圆弧形。

图样上普通型平键的标记示例如下。

宽度 $b=16$mm、高度 $h=10$mm、长度 $L=100$mm 普通 A 型平键标记为：

GB/T 1096　键　16×10×100

宽度 $b=16$mm、高度 $h=10$mm、长度 $L=100$mm 普通 B（或 C）型平键标记为：

GB/T 1096　键 B(或 C)16×10×100

当需要时，普通型平键上允许带起键螺孔，以便于平键的拆卸。起键螺孔的尺寸，见表 55。较长的键可以采用两个对称的起键螺孔。

4）轴槽及毂槽的技术要求。为保证键槽与键之间配合精度，以保持其足够的接触面积和避免装配困难，国家标准对轴槽及毂槽的宽度 b 对轴及轮毂轴心线的对称度做出规定，一般可按 GB/T 1184 中对称度公差 7～9 级选取。

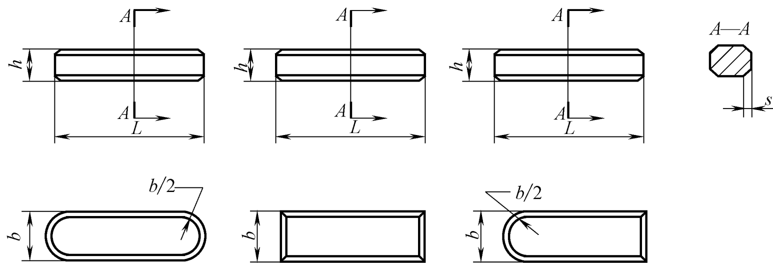
同时规定表面粗糙度要求：槽宽两侧面 Ra 为 1.6～3.2μm；槽底面 Ra 为 6.3μm。

5）在轴、孔剖视图上的标注，如图 164 所示。

导向型平键设计步骤与上述普通型平键基本相同，其键槽尺



表 54　普通型平键形式、尺寸及公差　　（单位：mm）



宽度 *b*	公称尺寸	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28
	极限偏差（h8）	0 -0.018			0 -0.022		0 -0.027				0 -0.033			
高度 *h*	公称尺寸	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16
	极限偏差	0 -0.018（h8）			0 -0.090（h11）					0 -0.110（h11）				
倒角或倒圆 *s*		0.16～0.25	0.25～0.40			0.40～0.60					0.60～0.80			
公称尺寸	极限偏差（h14）	长度 *L*												
8	0 -0.36		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

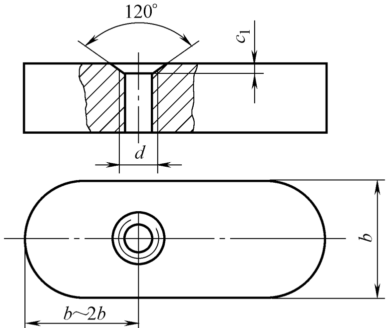
（续）

公称尺寸	极限偏差（h14）	长度 *L*												
12	0 -0.43			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18						—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	0 -0.52					—	—	—	—	—	—	—	—	—
22							—	—	—	—	—	—	—	—
25							—	—	—	—	—	—	—	—
28								—	—	—	—	—	—	—
32	0 -0.62							—	—	—	—	—	—	—
36									—	—	—	—	—	—
40									—	—	—	—	—	—
45										—	—	—	—	—
50		—			标						—	—	—	—
56	0 -0.74	—				准						—	—	—
63		—	—				长						—	—
70		—	—					度						—
80		—	—	—					范					
90	0 -0.87	—	—	—						围				
100		—	—	—	—									
110		—	—	—	—									

（续）

公称尺寸	极限偏差（h14）	长度 L												
125	0 -1.00	—	—	—	—	—								
140		—	—	—	—	—	—							
160		—	—	—	—	—	—	—						
180		—	—	—	—	—	—	—	—					
200	0 -1.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
220		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
250		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
280	0 -1.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
320	0 -1.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

表 55　起键螺孔尺寸　（单位：mm）

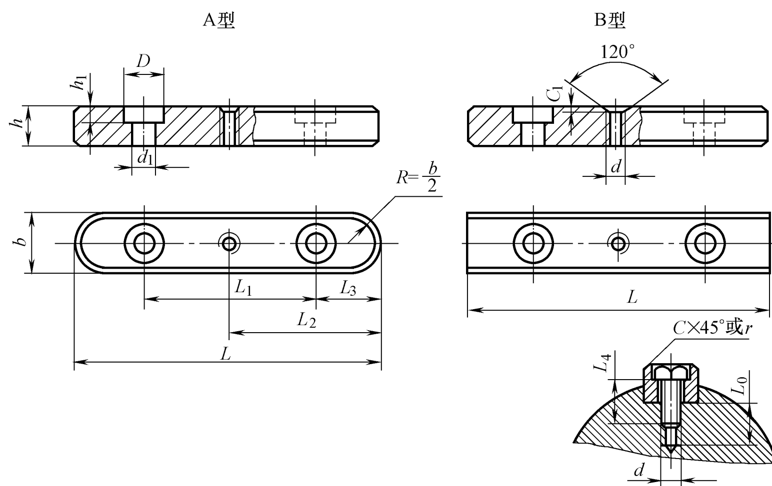




（续）

b	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28
d	M3		M4	M5		M6			M8	
c_1	0.3		0.5							

表 56　导向型平键的形式、尺寸及公差　　（单位：mm）





（续）

b	公称尺寸			8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45
	极限偏差（h8）			0 −0.022		0 −0.027				0 −0.033				0 −0.039			
h	公称尺寸			7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18	20	22	25
	极限偏差（h11）			0 −0.090					0 −0.110						0 −0.130		
C 或 r				0.25 ~ 0.40	0.40 ~ 0.60					0.60 ~ 0.80					1.00 ~ 1.20		
h_1				2.4		3.0	3.5		4.5			6		7	8		
d				M3		M4	M5		M6			M8		M10	M12		
d_1				3.4		4.5	5.5		6.5			9		11	14		
D				6		8.5	10		12			15		18	22		
C_1				0.3		0.5									1.0		
L_0				7	8	10			12			15		18	22		
螺钉（$d \times L_4$）				M3 × 8	M3 × 10	M4 × 10	M5 × 10		M6 × 12		M6 × 16	M8 × 16		M10 × 20	M12 × 25		
L	L_1	L_2	L_3														
25	13	12.5	6			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	14	14	7				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	16	16	8				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36	18	18	9					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	20	20	10					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	23	22.5	11						—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	26	25	12							—	—	—	—	—	—	—	—



（续）

L	L_1	L_2	L_3														
56	30	28	13								—	—	—	—	—	—	—
63	35	31.5	14									—	—	—	—	—	—
70	40	35	15				标						—	—	—	—	—
80	48	40	16					准						—	—	—	—
90	54	45	18						长						—	—	—
100	60	50	20	—						度							—
110	66	55	22	—							范						
125	75	62	25	—	—							围					
140	80	70	30	—	—												
160	90	80	35	—	—	—											
180	100	90	40	—	—	—	—										
200	110	100	45	—	—	—	—	—									
220	120	110	50	—	—	—	—	—	—								
250	140	125	55	—	—	—	—	—	—	—							
280	160	140	60	—	—	—	—	—	—	—	—						
320	180	160	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
360	200	180	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
400	220	200	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
450	250	225	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	



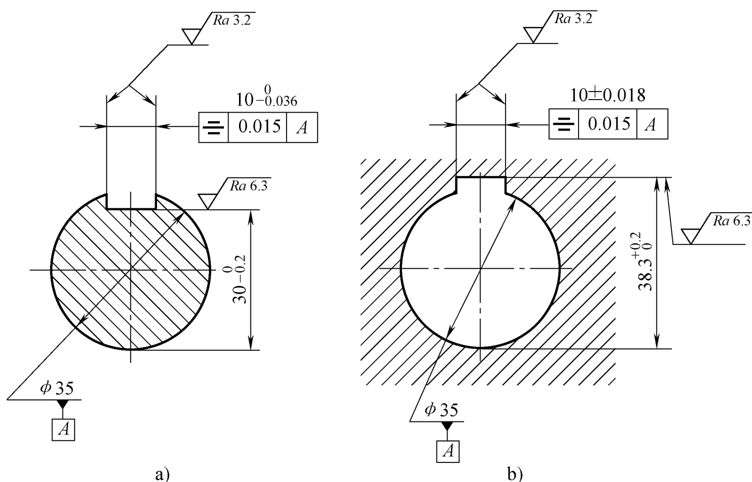


图 164　键槽尺寸和公差的标注

寸同样应符合 GB/T 1095 的规定（表 53）。但导向型平键的形式、尺寸及公差与普通型平键不同，见表 56。表 56 中固定螺钉应符合 GB/T 65 或 GB/T 822 的规定。

图样上导向型平键的标记方法与普通型平键相同，仅将标准号改为 GB/T 1097。

157. 怎样确定半圆键联结的尺寸及其公差与配合？

答：半圆键的键槽与平键不同，其剖面尺寸，如图 165 所示。半圆键的轴槽底面为一圆弧面，由直径 d 和轴槽深 t_1 所确定。因此，半圆键在轴槽中可以沿槽底弧面摆动。

半圆键联结的配合与平键完全相同，轴槽与毂槽也分别规定了三种与平键相同的公差带，分别组成正常联结、紧密联结、松联结三种不同松紧程度的配合（图 163）。

常用的半圆键键槽的尺寸与公差，见表 57。

半圆键联结由于轴槽较深，对轴的强度削弱较大，因此其一般用于轻载联结，且多与圆锥连接配合使用。



表 57 常用的半圆键键槽的尺寸与公差 （单位：mm）

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">轴尺寸①</th><th rowspan="5">键尺寸
$b \times h \times D$</th><th colspan="12">键槽</th></tr>
<tr><th rowspan="4">公称尺寸</th><th colspan="5">宽度 b</th><th colspan="4">深度</th><th colspan="2" rowspan="3">半径 R</th></tr>
<tr><th rowspan="3">传递转矩</th><th rowspan="3">定位用</th><th colspan="5">极限偏差</th><th colspan="2">轴 t_1</th><th colspan="2">毂 t_2</th></tr>
<tr><th colspan="2">正常联结</th><th>紧密联结</th><th colspan="2">松联结</th><th rowspan="2">公称尺寸</th><th rowspan="2">极限偏差</th><th rowspan="2">公称尺寸</th><th rowspan="2">极限偏差</th></tr>
<tr><th>轴 N9</th><th>毂 JS9</th><th>轴和毂 P9</th><th>轴 H9</th><th>毂 D10</th><th>min</th><th>max</th></tr>
<tr><td>>8～10</td><td></td><td>3×5×13</td><td rowspan="2">3</td><td rowspan="4">-0.004
-0.029</td><td rowspan="4">±0.0125</td><td rowspan="4">-0.006
-0.031</td><td rowspan="4">+0.025
0</td><td rowspan="4">+0.060
+0.020</td><td rowspan="2">3.8</td><td rowspan="12">+0.2
0</td><td rowspan="2">1.4</td><td rowspan="14">+0.1
0</td><td rowspan="4">0.16</td><td rowspan="4">0.08</td></tr>
<tr><td></td><td>>12～15</td><td>3×4×13</td></tr>
<tr><td>>10～12</td><td></td><td>3×6.5×16</td><td rowspan="2">3</td><td rowspan="2">5.3</td><td rowspan="2">1.4</td></tr>
<tr><td></td><td>>15～18</td><td>3×5.2×16</td></tr>
<tr><td>>12～14</td><td></td><td>4×6.5×16</td><td rowspan="2">4</td><td rowspan="10">0
-0.030</td><td rowspan="10">±0.015</td><td rowspan="10">-0.012
-0.042</td><td rowspan="10">+0.030
0</td><td rowspan="10">+0.078
+0.030</td><td rowspan="2">5.0</td><td rowspan="2">1.8</td><td rowspan="10">0.25</td><td rowspan="10">0.16</td></tr>
<tr><td></td><td>>18～20</td><td>4×5.2×16</td></tr>
<tr><td>>14～16</td><td></td><td>4×7.5×19</td><td rowspan="2">4</td><td rowspan="2">6.0</td><td rowspan="2">1.8</td></tr>
<tr><td></td><td>>20～22</td><td>4×6×19</td></tr>
<tr><td>>16～18</td><td></td><td>5×6.5×16</td><td rowspan="2">5</td><td rowspan="2">4.5</td><td rowspan="2">2.3</td></tr>
<tr><td></td><td>>22～25</td><td>5×5.2×19</td></tr>
<tr><td>>18～20</td><td></td><td>5×7.5×19</td><td rowspan="2">5</td><td rowspan="2">5.5</td><td rowspan="2">2.3</td></tr>
<tr><td></td><td>>25～28</td><td>5×6×19</td></tr>
<tr><td>>20～22</td><td></td><td>5×9×22</td><td rowspan="2">5</td><td rowspan="2">7.0</td><td rowspan="2">+0.3
0</td><td rowspan="2">2.3</td></tr>
<tr><td></td><td>>28～32</td><td>5×7.2×22</td></tr>
</table>

① 此项为推荐参考值，标准中未列出。



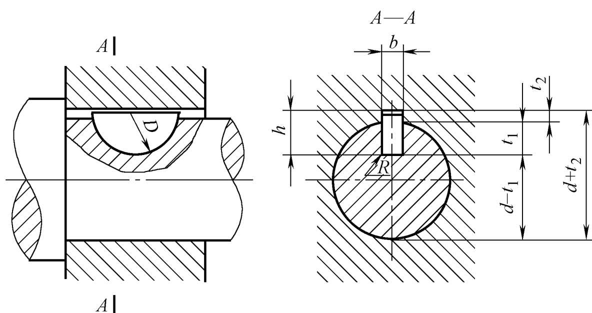


图 165　半圆键和键槽的剖面尺寸

半圆键联结设计步骤与普通平键联结相同。

GB/T 1099.1—2003《普通型　半圆键》标准中规定了半圆键系列规格，生产中可直接选用。标准半圆键的标记示例：宽度 $b=6$mm，高度 $h=10$mm，直径 $D=25$mm 普通型半圆键，标记为

GB/T 1099.1　键 6×10×25

158. 单键槽加工精度的检验方法有哪些？

答：在单件、小批生产中，键和键槽的尺寸均可用千分尺、游标卡尺等普通计量器具进行测量。在成批大量生产中，则可采用极限量规进行检验。

轴槽对基准轴线的对称度误差，可按图 166 所示方法测量。

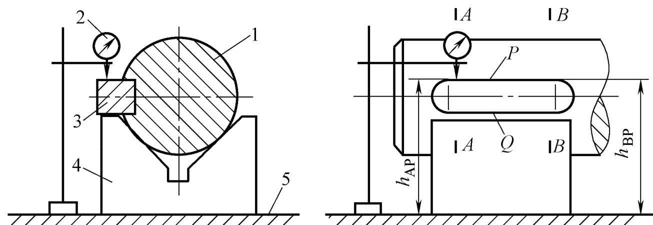


图 166　轴槽对称度误差检测

1—零件　2—指示表　3—定位块　4—V 形块　5—平板

零件1的被测键槽的中心平面和基准轴线，分别用定位块3和V形块4模拟体现。首先，转动V形块上的零件，以调整定位块测量面的位置，使其沿零件径向与平板平行（即使指示表在定位块外端和靠近键槽处读数不变）。然后，用指示表在零件长度两端分别测量从定位块 P 面至平板的距离，从指示表上分别得到示值 h_{AP} 和 h_{BP}。将零件翻转180°，再用同样方法调整 Q 面至测量位置，再在键槽长度两端位置，测得 Q 面至平板的距离，从指示表上分别得到示值 h_{AQ} 和 h_{BQ}。分别计算在键槽长度两端的径向截面内所测示值之差：$h_{AP}-h_{AQ}$、$h_{BP}-h_{BQ}$，其中绝对值大者即为该键槽的对称度误差。

当轴槽对称度公差采用最大实体要求，而轴的尺寸公差遵守独立原则时，如图167a所示，可采用图167b所示的量规进行检验。该量规以其V形表面作为定位面，体现基准轴线（不受轴实际尺寸变化的影响）。检测时，若V形表面与轴表面接触，中间量块又能进入键槽，则表示合格。

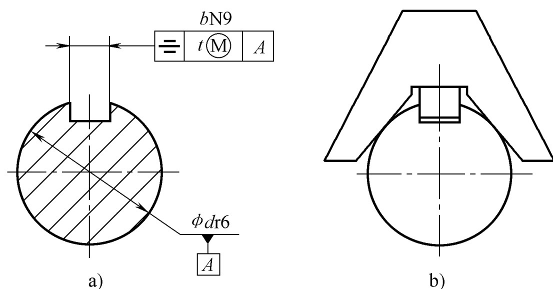


图167　轴槽对称度量规

当毂槽对称度公差采用最大实体要求，且基准孔尺寸与对称度的关系遵守最大实体要求时，如图168a所示，其键槽对称度误差可采用图168b所示量规进行检验。该量规以圆柱面作为定位表面模拟体现基准轴线。检测时，若量规能同时通过轮毂孔和键槽时，表示合格。



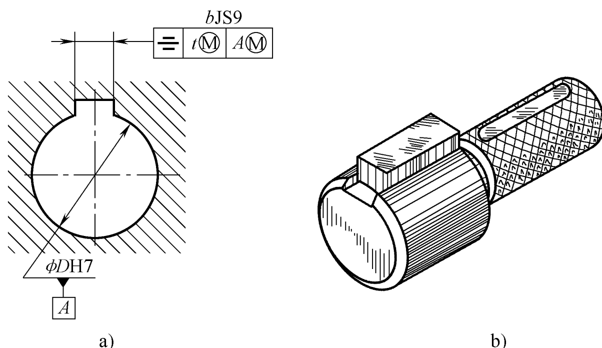


图 168　毂槽对称度综合量规

159. 什么是花键联结？花键联结有哪些种类？

答：花键联结是指利用直接制作在轴与传动件上各种形式的凸凹结构相配合的一种机械联结结构。它与上述单键联结的作用一样，也是用于联结轴和轴上的传动件，以传递转矩和运动。但它与单键联结相比，具有以下突出的特点：花键是将键与轴做成一体，故轴的强度高，刚性大；花键的键齿数多，接触面大，故联结可靠，能传递较大转矩；花键的定心精度高，导向性好；但花键的结构较复杂，加工较困难。

花键联结广泛用于汽车、拖拉机、机床和飞机等各类机械中。

花键联结按其键的轮廓形状不同，可分为以下三种类型，如图 169 所示。

1）矩形花键联结（图 169a）。该花键的正截面齿廓为矩形，键侧边为直线。它的特点是加工方便，可获得较高精度，广泛用于机床和一般机械中。

2）渐开线花键联结（图 169b）。该花键的正截面齿廓为渐开线，加工工艺与渐开线齿轮相同。它的特点是齿的根部较厚，应力集中小，故强度高，易于对中，联结的稳定性好。它主要用于传递转矩大、定心精度要求高、尺寸较大的联结。在汽车、拖

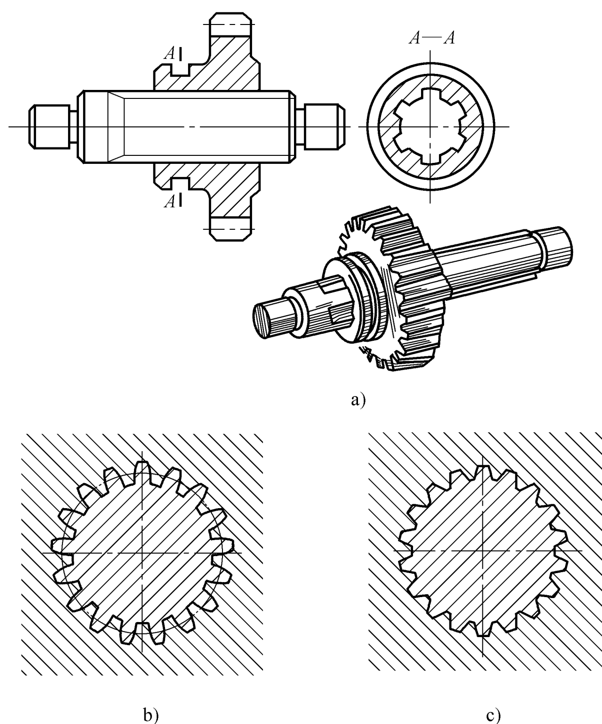


图 169　花键联结的类型

拉机制造业中得到广泛应用。

3）三角花键联结（图 169c）。它的内花键齿廓为三角形，外花键齿廓为压力角等于 45°的渐开线。它主要用于转矩小和直径小的操纵机构和调整机构中，特别适用于轴与薄壁零件的联结。

上述三种花键联结中，应用最广泛的是矩形花键联结。

160. 矩形花键联结的结构特点是什么？

答：矩形花键的基本结构，如图 170 所示，其公称尺寸有小径 d、大径 D 和键宽 B。三个尺寸都有配合关系。

花键联结的主要要求是保证内花键和外花键的定心精度、保



持所需配合性质和传递一定转矩。生产中上述三个公称尺寸都要求精确配合相当困难，也没有必要。为此可根据使用中定心要求、键侧接触均匀性、是否做轴向滑动、机械强度和耐磨性等要求，选择其中一个作为主要配合尺寸，其他两个作为次要配合尺寸，按其在联结中所起作用，规定不同精度。

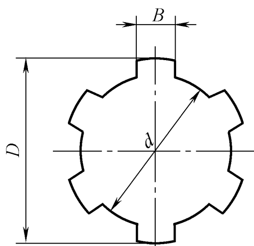


图 170　矩形花键的基本结构

花键联结有三种定心方式：小径 d 定心、大径 D 定心和键宽 B 定心。

国家标准 GB/T 1144—2001《矩形花键尺寸、公差和检验》中，只规定了小径定心一种方式，原因是：随着产品质量的要求越来越高，对内、外花键的机械强度、硬度和耐磨性要求提高了。生产中将内、外花键热处理硬度提高。采用小径定心时，内花键的小径可用内圆磨削达到高的精度，而外花键的小径可用成形砂轮磨削保证精度要求。由此可见，花键联结采用小径定心，可以提高零件的机械强度和硬度，从而提高定心的稳定性和零件的质量及使用寿命。目前国际标准及世界多数国家都采用小径定心方式。应当指出：无论采用哪种定心方式，键宽尺寸 B 都应具有足够的精度，因为它们要传递转矩和起导向作用。

161. 矩形花键的尺寸系列是怎样规定的？

答： 矩形花键加工较困难，通常采用定形刀具（如拉刀）进行加工，用综合量规进行检验。为方便生产，实现其通用化、系列化的要求，国家标准规定了矩形花键的尺寸系列，见表 58。

标准中规定的键数均为偶数，有 6、8、10 三种，以便于加工和检测。按承载能力需要，尺寸规定有轻系列（小径公称尺寸从 23～112mm）和中系列（小径公称尺寸从 11～112mm）两个系列。对于同一小径中两个系列相应规格的键数相同、键（键槽）宽也相同，仅大径尺寸不同。

表 58　矩形花键公称尺寸系列　　（单位：mm）

小径 d	轻系列				中系列			
	规格 $N\times d\times D\times B$	键数 N	大径 D	键宽 B	规格 $N\times d\times D\times B$	键数 N	大径 D	键宽 B
11	—	—	—	—	6×11×14×3	6	14	3
13					6×13×16×3.5		16	3.5
16					6×16×20×4		20	4
18					6×18×22×5		22	5
21					6×21×25×5		25	
23	6×23×26×6	6	26	6	6×23×28×6		28	6
26	6×26×30×6		30	6	6×26×32×6		32	
28	6×28×32×7		32	7	6×28×34×7	8	34	7
32	6×32×36×6		36	6	8×32×38×6		38	6
36	8×36×40×7	8	40	7	8×36×42×7		42	7
42	8×42×46×8		46	8	8×42×48×8		48	8
46	8×46×50×9		50	9	8×46×54×9		54	9
52	8×52×58×10		58	10	8×52×60×10		60	10
56	8×56×62×10		62		8×56×65×10		65	
62	8×62×68×12		68	12	8×62×72×12		72	12
72	10×72×78×12	10	78		10×72×82×12	10	82	
82	10×82×88×12		88		10×82×92×12		92	
92	10×92×98×14		98	14	10×92×102×14		102	14
102	10×102×108×16		108	16	10×102×112×16		112	16
112	10×112×120×18		120	18	10×112×125×18		125	18

矩形花键的规格按下列顺序表示：键数 N × 小径 d × 大径 D × 键宽 B。例如 8×52×58×10 依次表示矩形花键的键数为 8 个，小径公称尺寸为 52mm，大径公称尺寸为 58mm，键宽公称尺寸为 10mm。

生产中应根据功能需要和机械的结构，选定适宜规格的标准



花键。

162. 怎样确定矩形花键的公差与配合？

答： 如上所述，确定矩形花键的公差与配合，首先应选定定位方式。国家标准确定为小径定心，由此给定了内、外花键的尺寸公差带，见表59。

表59　矩形花键内、外花键的尺寸公差带

内花键				外花键			装配形式
d	*D*	*B*		*d*	*D*	*B*	
		拉削后不热处理	拉削后热处理				
一般用							
H7	H10	H9	H11	f7	a11	d10	滑动
				g7		f9	紧滑动
				h7		h10	固定
精密传动用							
H5	H10	H7、H9		f5	a11	d8	滑动
				g5		f7	紧滑动
				h5		h8	固定
H6				f6		d8	滑动
				g6		f7	紧滑动
				h6		h8	固定

注：1. 精密传动用的内花键，当需要控制键侧配合间隙时，槽宽可选H7，一般情况下可选H9。
2. 小径 *d* 为H6和H7的内花键，允许与提高一级的外花键配合。

表59中所规定的公差带与国家标准《极限与配合》中规定的尺寸公差带一致（可查阅附录A、B）。

为了减少拉刀的数目，矩形花键联结所有配合尺寸均采用基孔制。由于热处理后尺寸会发生变化，故对同一规格的内花键，拉削后热处理与不热处理规定了不同的公差带。

由表59可以看出，一般用花键副的内外花键共给出三组配合；精密传动用给出六组配合，供不同使用要求选用。当内花键与外花键工作时不需要相对滑动时，应选用固定联结；当需要滑动，但滑动次数较少且距离较短时，可选用紧滑动联结；当滑动次数较多且长度较长时，则选用间隙较大的滑动联结。

为了保证花键联结的配合要求，国家标准中规定了几何公差要求：当采用综合检验法时，花键与键槽中心面对基准轴线（小径）的位置度公差遵循表60的规定。

表60　用综合检验法时位置度公差　（单位：mm）

键槽宽或键宽 B			3	3.5~6	7~10	12~18
位置度	键槽宽		0.01	0.015	0.020	0.025
	键宽	滑动、固定	0.01	0.015	0.020	0.025
		紧滑动	0.006	0.010	0.013	0.016

当采用单项检验法时，花键的对称度公差应符合表61的要求，且键槽宽或键宽的分度公差值等于其对称度公差值。

表61　采用单项检验法时对称度公差（单位：mm）

键槽宽或键宽 B		3	3.5~6	7~10	12~18
对称度	一般用	0.010	0.012	0.015	0.018
	精密传动用	0.006	0.008	0.009	0.011

对于较长的花键，可根据产品性能自行规定键侧对轴线的平行度公差。

矩形花键的表面粗糙度参数 Ra 值，可参考表62进行选取。

表62　矩形花键表面粗糙度推荐值　（单位：μm）

加工表面	内花键	外花键
	$Ra \leqslant$	
小径	0.8	0.8
大径	6.3	3.2
键侧	3.2	0.8



163. 什么是矩形花键代号？怎样在图样上标注矩形花键？

答：按规定的顺序，注出花键的公称尺寸及配合公差，以表示出矩形花键规格的标记，称为矩形花键的代号。

标准规定：矩形花键标记代号按次序包括以下内容：键数 N，小径 d，大径 D，键宽 B，公称尺寸及配合公差带代号和标准号。

在图样中，根据不同需要可采用多种代号表示方法。以矩形花键 $N=6$；$d=23\frac{H7}{f7}$；$D=26\frac{H11}{a11}$；$B=6\frac{H11}{d10}$为例，各种标记方法如下

花键规格　$N \times d \times D \times B$

$6 \times 23 \times 26 \times 6$

内花键　$6 \times 23H7 \times 26H10 \times 6H11$　GB/T 1144—2001

外花键　$6 \times 23f7 \times 26a11 \times 6d10$　GB/T 1144—2001

花键副　$6 \times 23\frac{H7}{f7} \times 26\frac{H10}{a11} \times 6\frac{H11}{d10}$　GB/T 1144—2001

在零件图上，矩形花键可以用代号标注（图 171a、b），也可以直接标注各公称尺寸及其极限偏差（图 171c、d）。

采用代号标注时，应在代号前加注矩形花键图形符号，如图 171e 所示。矩形花键图形符号的大小应与图样上其他尺寸和符号协调一致，其高度与尺寸数字字高 h 相同，图线宽度为字高的 1/10。

花键的标记应注在指引线的基准线上，指引线的一端应指向花键的大径处（图 171a、b）。当所注花键标记不能全部满足要求时，则其必要的数据可在图中列表表示，或在其他相关文件中说明。

在装配图上，矩形花键联结通常采用代号标注，如图 172 所示。

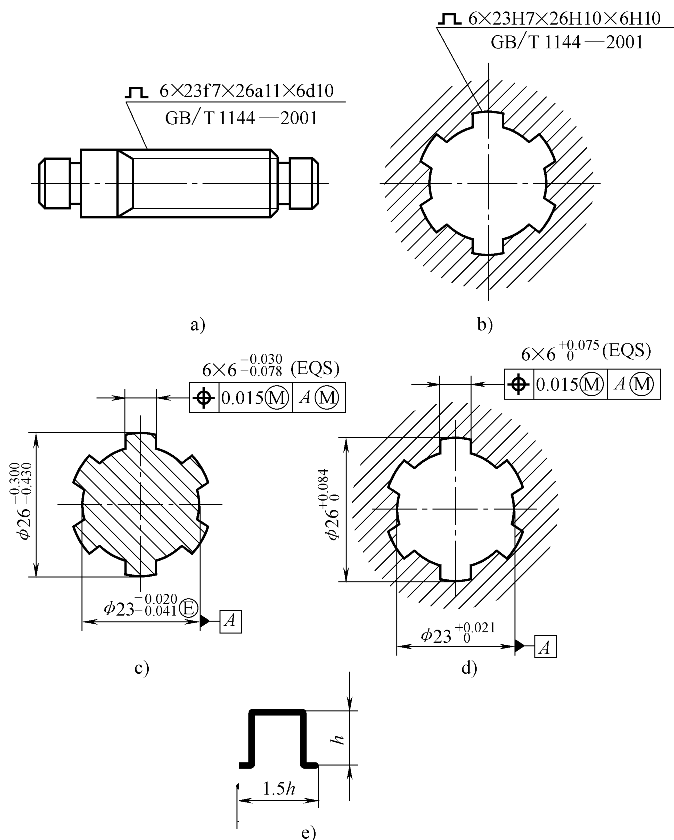


图 171　矩形花键的图样标注

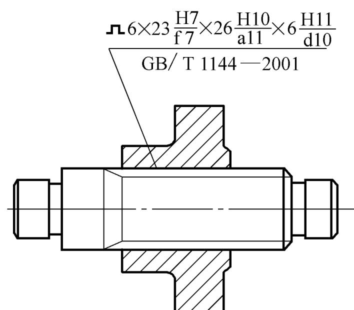


图 172　矩形花键联结装配图标注



164. 怎样检测矩形花键的精度?

答:矩形花键的检测分单项测量和综合检验。

在单件、小批生产中,花键尺寸可用千分尺、游标卡尺等普通计量器具测量。在成批、大量生产中,花键尺寸则采用极限量规检验。

当花键定心小径尺寸采用包容要求Ⓔ,各键(键槽)位置度公差采用相关要求,且基准要素尺寸公差与位置度公差的关系遵守最大实体要求时(图171)应控制花键各部分的实际尺寸和几何误差,以保证花键的配合要求和安装要求。验收内、外花键时,首先应分别用花键综合塞规和环规进行检验,此时可同时检验花键的小径、大径、键(键槽)宽度,以及大径表面轴线对小径表面轴线的同轴度误差,各键(键槽)的位置度误差等。该综合量规能自由通过被检验表面,即表示该加工件合格。

用综合量规检验合格后,还要检测各要素的实际尺寸是否超越最小实体尺寸,即内花键的小径、大径和键槽宽的上极限尺寸,外花键的小径、大径和键宽的下极限尺寸,分别用单项止端塞规和单项止端卡尺检测其是否合格,也可用普通计量器具检测。

内花键用综合量规——花键塞规如图173所示,其花键两侧的圆柱体在检验时起导向作用,并用来检验内花键定心小径表

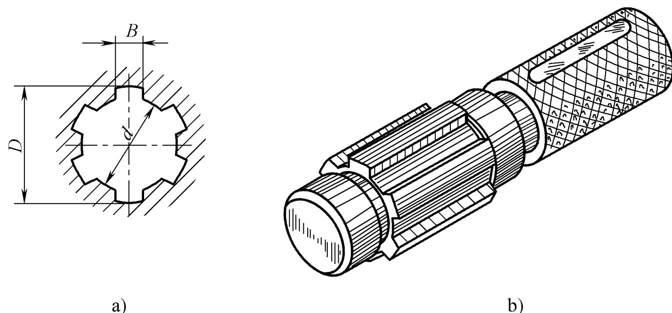


图173 内花键用塞规

面，中间的花键部分用来检验内花键的各键槽及大径表面尺寸以及几何误差。

外花键用综合量规——花键环规如图174所示，其左侧内花键部分用来检验外花键的定心小径表面和各键宽尺寸，右侧圆孔部分用来检验外花键的大径表面。

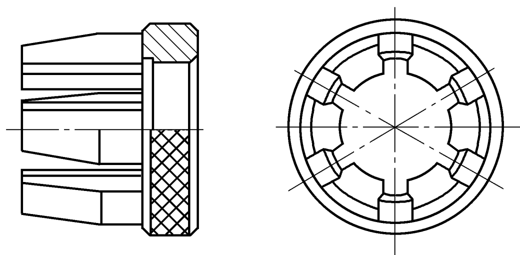


图174　外花键用环规

标准中规定了矩形花键综合通规和单项止规的尺寸公差带和数值表，在设计矩形花键量规时，可查阅“GB/T 1144—2001《矩形花键尺寸、公差和检验》中附录B。

螺纹的公差与检测

165. 什么是螺纹？构成螺纹的要素有哪些？

答：用一直角三角形围绕在圆柱体上，其直角边底边与圆柱体底边重合，则其斜边在圆柱体上所形成的曲线称为螺旋线，如图 175 所示。以一定形状（三角形、梯形、矩形等）的轴剖面，按螺旋线的运动轨迹所形成的几何体称为螺纹。

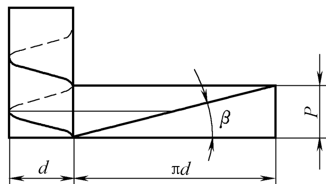


图 175　螺旋线的形成

螺纹的要素有：

（1）螺纹的大径和小径　如图 176 所示，螺纹大径是指螺纹的最大直径，一般作为螺纹的公称直径。螺纹小径是指螺纹的最小直径。

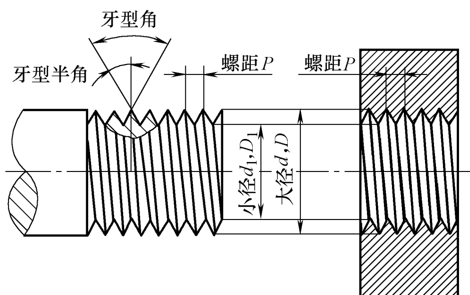


图 176　螺纹要素

（2）牙型　螺纹的牙型是指在通过螺纹轴线剖面上的螺纹轮廓形状。由于各种螺纹的用途不同，有的用于联接，有的用于传动，因此选用不同牙型。常用螺纹牙型有三角形（即普通螺

纹)、梯形、锯齿形等。

（3）螺距和导程　在螺纹轴线方向上，相邻两牙尖间的距离称为螺距（图176）。

螺纹旋转一周，其沿轴线方向移动的距离称为导程。

单线螺纹螺距就等于导程。若为多线螺纹则螺距＝导程/线数。

（4）螺纹线数　同一螺纹上螺旋线的数量，称为螺纹线数。由一条螺旋线所生成的螺纹称为单线螺纹，由多条螺旋线生成的螺纹依次称为双线螺纹、三线螺纹……

（5）旋向　按螺旋线的旋绕方向不同，螺纹分为右旋螺纹（螺旋线向右螺旋上升）和左旋螺纹（螺旋线向左螺旋上升）。

为了方便生产、满足互换性要求，国家标准对常用螺纹的牙型、公称直径（大径）、螺距等要素规格尺寸和公差做了规定。

166. 螺纹可分为哪些种类？

答：螺纹在机电产品中应用极为广泛，按其不同用途可分为以下三类。

（1）紧固螺纹　紧固螺纹通常称为普通螺纹，用于联接并紧固其他零件。该类螺纹的要求是旋合性和联接的可靠性。旋合性是指规格相同的螺栓和螺母能相互自由地旋合。联接的可靠性是指要求螺纹间接触均匀、紧密，以保证其联接强度（不过早损坏）和结合强度（不自动松脱）。

用于机械紧固螺纹联接的螺纹本身不具有密封功能。

（2）紧密螺纹　紧密螺纹用于使两个零件相互紧密结合，如管螺纹、双头螺柱等。对这类螺纹的主要要求是：结合紧密性好，不漏水、不漏油、不漏气。如双头螺柱的一端旋入机座螺孔内，应有较好的紧密性，不得因振动或在拧下另一端螺母而松动。管螺纹结合则必须保证在一定压力下的密封性。

（3）传动螺纹　传动螺纹用于传递动力和精确的位移，如机床的丝杠、起重机螺杆、量仪的测微螺纹等。对它的主要要求是：能够传递较大的载荷、具有较高的承载强度，传递位移准



确、可靠，具有较高的效率。

167. 普通螺纹的基本牙型和公称尺寸是怎样规定的？

答：国家标准规定：普通螺纹的基本牙型如图 177 所示。它是由原始三角形（高度为 H 的等边三角形），截去顶部 $H/8$ 高度和底部 $H/4$ 高度所形成的牙型。

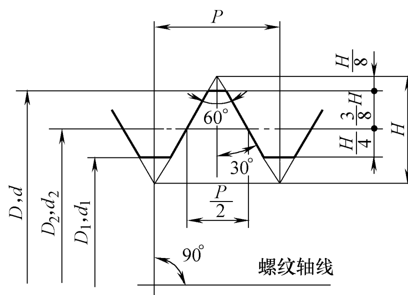


图 177　普通螺纹的基本牙型

图 177 中各要素代号表示为：

D——内螺纹公称大径（公称直径）；

d——外螺纹公称大径（公称直径）；

D_1——内螺纹公称小径；

d_1——外螺纹公称小径（在基本牙型上）；

D_2——内螺纹公称中径；

d_2——外螺纹公称中径；

H——原始三角形高度；

P——螺距；

60°——牙型角（30°牙型半角）。

图 177 所示螺纹中径是指一个假想圆柱面的直径，该圆柱面的母线通过牙型上的宽度和沟槽的宽度相等的位置。

牙型角是指螺纹轴平面上，螺纹牙型相邻牙侧的夹角，普通螺纹的理想牙型角为 60°。

牙型半角是指牙侧与螺纹轴线的垂直线间的夹角。普通螺纹

的理想牙型半角为30°。

为了便于生产加工和检验，国家标准对普通螺纹的公称直径和相应螺距做了统一规定，见表63。标准中规定的公称直径分为三个系列（表63中省略了第三系列），生产中优先选用第一系列，其次第二系列，第三系列尽可能不用。对每一公称直径又规定了若干不同螺距，其中表63中黑体字数码为粗牙螺纹。

表63　普通螺纹公称尺寸　　（单位：mm）

公称直径（大径）D,d		螺距 P	中径 D_2,d_2	小径 D_1,d_1	公称直径（大径）D,d		螺距 P	中径 D_2,d_2	小径 D_1,d_1
第一系列	第二系列				第一系列	第二系列			
10		**1.5** 1.25 1 0.75	9.026 9.188 9.350 9.513	8.376 8.647 8.917 9.188	20		**2.5** 2 1.5 1	18.376 18.701 19.026 19.350	17.294 17.835 18.376 18.917
12		**1.75** 1.5 1.25 1	10.863 11.026 11.188 11.350	10.106 10.376 10.647 10.917		22	**2.5** 2 1.5 1	20.376 20.701 21.026 21.350	19.294 19.835 20.376 20.917
	14	**2** 1.5 1.25 1	12.701 13.026 13.188 13.350	11.835 12.376 12.647 12.917	24		**3** 2 1.5 1	22.051 22.701 23.026 23.350	20.752 21.835 22.376 22.917
16		**2** 1.5 1	14.701 15.026 15.350	13.835 14.376 14.917		27	**3** 2 1.5 1	25.051 25.701 26.026 26.350	23.753 24.835 25.376 25.917
	18	**2.5** 2 1.5 1	16.376 16.701 17.026 17.350	15.294 15.835 16.376 16.917	30		**3.5** 3 2 1.5 1	27.727 28.051 28.701 29.026 29.350	26.211 26.752 27.835 28.376 28.917



168. 影响螺纹互换性的要素有哪些？

答： 螺纹的几何参数有很多，如大径、小径、中径、螺距、牙型半角等。在加工过程中，不可避免会产生误差，这些误差对螺纹结合的互换性都有不同程度的影响，其中影响最大的是螺距、牙型半角和中径。

（1）螺距误差对互换性的影响　螺距误差包括单个螺距误差和螺距累计误差。前者是指单个螺距的实际值对公称值的代数差，其与旋合长度无关。后者是指在指定的螺纹长度内，包含若干个螺距的任意两牙，在中径线上（指中径圆柱素线）相应两点之间的实际轴向距离对公称轴向距离的代数差，其与旋合长度有关。

对于普通螺纹，螺距误差主要影响螺纹的可旋合性和联接的可靠性。对于传动螺纹，螺距误差则直接影响传递位移的准确性，以及螺牙上负荷分配的均匀性。

（2）牙型半角误差对互换性的影响　牙型半角误差是指牙型半角的实际值对公称值的代数差。它包括牙型角的角度误差（即偏离60°角）和位置误差（即牙型角的平分线不垂直于螺纹轴线）。

牙型半角误差是由于牙型角本身不准确，或由于它们与轴线的相对位置不正确而造成的。它不仅造成内、外螺纹牙廓发生干涉，不能旋合，并影响其联接强度。

（3）中径误差对互换性的影响　中径误差是指实际中径值对公称值的代数差。若仅考虑中径本身这一参数的影响，则只要外螺纹中径小于内螺纹中径，即能保证其可旋入性。但是，若外螺纹中径过小，内螺纹中径过大，则会削弱其联接强度。

在国家标准中，没有规定普通螺纹螺距公差和牙型半角公差，而是将其折合成中径公差的一部分，通过检查中径公差来控制螺距误差和牙型半角误差。

169. 保证普通螺纹互换性的条件是什么？

答： 为了保证螺纹结合的互换性，应对其主要影响参数，即

螺距、牙型半角和中径的误差进行控制。

从理论分析得知：当螺距产生误差时，可利用改变中径的途径满足旋入性的要求，即当外螺纹存在螺距偏差时，可将其中径减少一个数值；当内螺纹存在螺距误差时，可将其中径增大一个数值。该增大或减小中径值称为螺距误差的中径当量。

同样，当牙型半角产生误差时，也可采用改变中径的办法满足旋入性的要求。该增大或减小的中径值称为牙型半角误差的中径当量。

综上所述，螺距误差和牙型半角误差可以由它们的中径当量代替，因此，螺距误差、牙型半角误差和中径误差就可以综合用中径极限偏差加以限制。

（1）单一中径　它是指一个假想圆柱的直径，该圆柱的素线通过牙型沟槽间的宽度，等于螺距公称尺寸一半（$P/2$）的地方，如图178所示。当实际螺纹螺距的大小正好等于螺距公称尺寸时，单一中径与中径是一致的；当实际螺纹存在螺距偏差时，单一中径与中径就不相同。

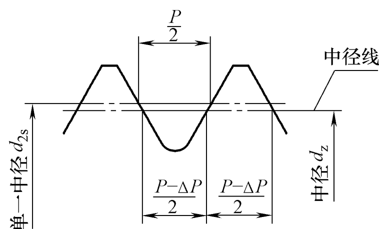


图178　单一中径

（2）作用中径　它是指在规定的旋合长度内，恰好包容实际外螺纹的一个假想的理想内螺纹中径；或恰好内接于内螺纹的一个假想的理想外螺纹的中径。上述理想螺纹是指具有基本牙型的螺距、牙型半角及牙型高度的螺纹，如图179所示。

作用中径的概念与前述拟合组成要素的概念是一致的，两者都是实际尺寸和几何误差的综合结果。作用中径将中径误差、螺距误差和牙型半角误差三者联系在一起，是影响螺纹互换性的主要因素。



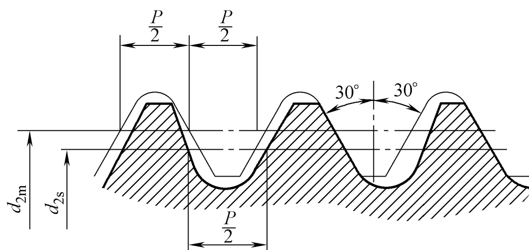


图 179　作用中径

170. 普通螺纹的公差带是怎样规定的？

答：GB/T 197—2003《普通螺纹　公差》中规定了最小间隙为零和具有保证间隙的螺纹公差带。内、外螺纹的中径、大径和小径的公差带，都是以基本牙型为零线，由公差带的位置（螺纹的基本偏差）和大小（螺纹的公差等级）来确定，并沿牙型的牙侧，牙顶和牙底分布，在垂直于螺纹轴线方向上计量。

（1）螺纹的基本偏差　螺纹公差带的位置与前述圆柱体公差带位置一样，是由基本偏差确定的。标准中规定内螺纹下极限偏差（EI）和外螺纹上极限偏差（es）为基本偏差。

内螺纹标准中规定了 G 和 H 两种基本偏差。

G——其基本偏差（EI）为正值。

H——其基本偏差（EI）为零。

外螺纹标准中规定了 e、f、g、h 四种基本偏差：

e、f、g——其基本偏差（es）为负值，

h——其基本偏差（es）为零。

普通螺纹的基本偏差值，见表 64。

（2）螺纹的公差等级　螺纹公差带的大小由公差值确定，而公差值的大小取决于公差等级、国家标准对内、外螺纹各直径的公差等级规定，见表 65。

各级公差等级中 3 级精度最高，等级依次降低，9 级精度最低。

表64　普通螺纹的基本偏差值　　（单位：μm）

螺距 P/mm	内螺纹(EI) D_2、D_1		外螺纹(es) d_2、d			
	G	H	e	f	g	h
1	+26	0	-60	-40	-26	0
1.25	+28		-63	-42	-28	
1.5	+32		-67	-45	-32	
1.75	+34		-71	-48	-34	
2	+38		-71	-52	-38	
2.5	+42		-80	-58	-42	
3	+48		-85	-63	-48	
3.5	+53		-90	-70	-53	
4	+60		-95	-75	-60	

表65　普通螺纹的公差等级

螺纹直径	公差代号	公差等级
内螺纹中径 D_2	T_{D2}	4、5、6、7、8
内螺纹小径 D_1	T_{D1}	4、5、6、7、8
外螺纹中径 d_2	T_{d2}	3、4、5、6、7、8、9
外螺纹大径 d	T_d	4、6、8

常用的内、外螺纹各级公差的公差值，分别列于表66、表67。

表66　常用的普通内螺纹公差　　（单位：μm）

公称直径 D/mm	螺距 P/mm	公差等级									
		中径公差 T_{D2}					小径公差 T_{D1}				
		4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
>11.2~22.4	1	100	125	160	200	250	150	190	236	300	375
	1.25	112	140	180	224	280	170	212	265	335	425
	1.5	118	150	190	236	300	190	236	300	375	475
	1.75	125	160	200	250	315	212	265	335	425	530
	2	132	170	212	265	335	236	300	375	475	600
	2.5	140	180	224	280	355	280	355	450	560	710



（续）

公称直径 D/mm	螺距 P/mm	公差等级									
		中径公差 T_{D2}					小径公差 T_{D1}				
		4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
>22.4～45	1	106	132	170	212	—	150	190	236	300	375
	1.5	125	160	200	250	315	190	236	300	375	475
	2	140	180	224	280	355	236	300	375	475	600
	3	170	212	265	335	425	315	400	500	630	800
	3.5	180	224	280	355	450	355	450	560	710	900
	4	190	236	300	375	475	375	475	600	750	950

表 67　常用的普通外螺纹公差　　（单位：μm）

公称直径 d/mm	螺距 P/mm	公差等级									
		中径公差 T_{d2}							大径公差 T_d		
		3	4	5	6	7	8	9	4	6	8
>11.2～22.4	1	60	75	95	118	150	190	236	112	180	280
	1.25	67	85	106	132	170	212	265	132	212	335
	1.5	71	90	112	140	180	224	280	150	236	375
	1.75	75	95	118	150	190	236	300	170	265	425
	2	80	100	125	160	200	250	315	180	280	450
	2.5	85	106	132	170	212	265	335	212	335	530
>22.4～45	1	63	80	100	125	160	200	250	112	180	280
	1.5	75	95	118	150	190	236	300	150	236	375
	2	85	106	132	170	212	265	335	180	280	450
	3	100	125	160	200	250	315	400	236	375	600
	3.5	106	132	170	212	265	335	425	265	425	670
	4	112	140	180	224	280	355	450	300	475	750

（3）螺纹的公差带　根据上述规定的不同的基本偏差（内螺纹 G、H，外螺纹 e、f、g、h）及不同的公差等级（3～9），可以组合成多种不同的公差带。

在生产中，为了减少刀具、量具的规格和数量，国家标准规定了选用公差带。

内螺纹公差带，如图180所示，该公差带均位于基本牙型上方，其中径、小径与大径的基本偏差（下极限偏差EI）相同，规定有G、H两种，其大径的上极限尺寸未规定。

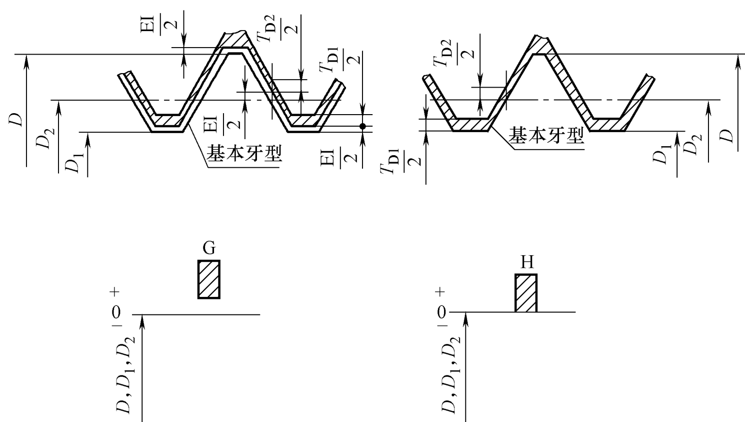


图180　内螺纹公差带

外螺纹公差带，如图181所示。该公差带均位于基本牙型下方，其中径、大径的基本偏差（上极限偏差es）相同，规定有e、f、g、h四种基本偏差。对小径只规定了上极限尺寸。

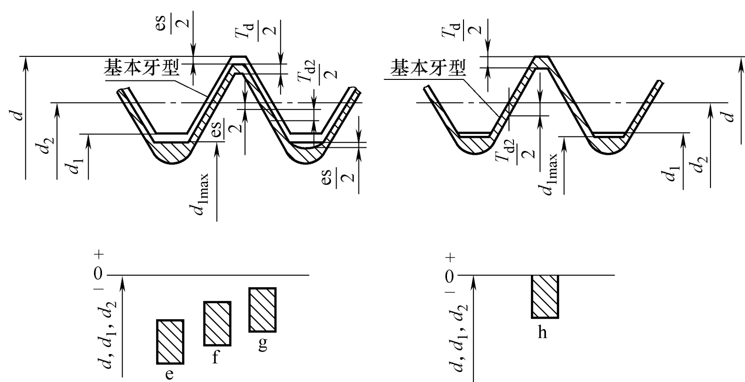


图181　外螺纹公差带



171. 怎样选取螺纹公差带与组合?

答: 如上所述，不同的基本偏差与不同的公差等级组合可产生多种不同的螺纹公差带。为了方便生产，标准中规定了选用公差带范围。

标准中规定，根据使用场合，螺纹公差精度分为下面三级。

精密级：用于精密螺纹。

中等级：用于一般用途螺纹。

粗糙级：用于制造螺纹有困难的场合，如在热轧棒料上和不通孔内加工螺纹。

螺纹精度与公差等级密切相关，其随着公差等级的提高而相应提高。但是，公差等级相同的螺纹，旋合长度不同时，螺距偏差对配合性质的影响也不相同。因此，螺纹精度不仅与公差等级有关，而且与旋合长度有关。

所谓旋合长度是指内、外螺纹相结合的轴向长度，标准中规定了不同直径和螺距所对应的旋合长度，共分为三组，分别称为短旋合长度组（代号 S)、中等旋合长度组（代号 N）和长旋合长度组（代号 L)，其数值见表 68。

表 68　螺纹旋合长度　　（单位：mm）

公称直径 D,d	螺距 P	旋合长度			
		S	N		L
		≤	>	≤	>
>11.2~22.4	1	3.8	3.8	11	11
	1.25	4.5	4.5	13	13
	1.5	5.6	5.6	16	16
	1.75	6	6	18	18
	2	8	8	24	24
	2.5	10	10	30	30
>22.4~45	1	4	4	12	12
	1.5	6.3	6.3	19	19
	2	8.5	8.5	25	25
	3	12	12	36	36
	3.5	15	15	45	45
	4	18	18	53	53

螺纹公差带应根据使用要求，工作条件及结构状况等因素进行选取。标准中按螺纹的公差精度和旋合长度要求，规定了内、外螺纹优先选用范围。内螺纹推荐公差带见表69；外螺纹推荐公差带见表70。

除特殊情况外，不宜选用表69、表70以外的其他公差带。

表69和表70中公差带优先选用顺序为：粗字体公差带、一般字体公差带、括号内公差带。带方框的粗字体公差带用于大量生产的紧固件螺纹。

表69　内螺纹推荐公差带

公差精度	公差带位置G			公差带位置H		
	S	N	L	S	N	L
精密	—	—	—	4H	5H	6H
中等	(5G)	**6G**	(7G)	**5H**	**[6H]**	**7H**
粗糙	—	(7G)	(8G)	—	7H	8H

表70　外螺纹推荐公差带

公差精度	公差带位置e			公差带位置f			公差带位置g			公差带位置h		
	S	N	L	S	N	L	S	N	L	S	N	L
精密	—	—	—	—	—	—	—	(4g)	(5g4g)	(3h4h)	**4h**	(5h4h)
中等	—	**(6e)**	(7e6e)	—	**6f**	—	(5g6g)	**[6g]**	(7g6g)	(5h6h)	6h	(7h6h)
粗糙	—	(8e)	(9e8e)	—	—	—	—	8g	(9g8g)	—	—	—

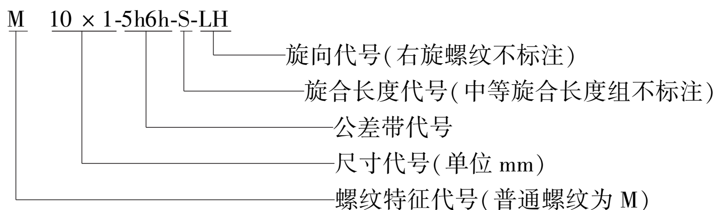
如无其他特殊说明，推荐公差带适用于涂镀前螺纹。有涂镀层的仅适用于薄涂镀层螺纹，如电镀螺纹。涂镀后，螺纹实际轮廓上的任何点不应超越按公差位置H或h所确定的最大实体牙型。

内、外螺纹的公差带，可按表69内螺纹推荐公差带和表70外螺纹推荐公差带形成任意组合，但是为了保证内、外螺纹间有足够的螺纹接触高度，推荐完工后螺纹零件优先组成H/g或G/h配合。大量生产的紧固螺纹推荐采用6H/6g配合。



172. 螺纹代号标记是怎样规定的？怎样在图样上标注螺纹？

答：螺纹代号是指利用字母和数字表示螺纹结构、尺寸及公差带的标记。完整的螺纹标记是由螺纹特征代号、尺寸代号、公差带代号及其他有必要做进一步说明的个别信息组成，如



（1）螺纹特征代号　普通螺纹用字母“M”表示。

（2）尺寸代号　单线螺纹的尺寸代号为“公称直径×螺距”，公称直径和螺距数值的单位为 mm。对粗牙螺纹，可以省略其螺距项。

例如，公称直径为 8mm，螺距为 1mm 的单线细牙螺纹，标记为 M8×1。

公称直径为 8mm，螺距为 1.2mm 的单线粗牙螺纹，标记为：M8。

多线螺纹的尺寸代号为“公称直径×Ph 导程 P 螺距，导程单位也为 mm。如果要进一步表明螺纹线数，可以在后面加括号说明（使用英语进行说明，如双线为 two starts、三线为 three starts……）。例如，公称直径为 16mm、螺距为 1.5mm、导程为 3mm 双线螺纹，标记为 M16×Ph 3P1.5 或 M16×Ph3P1.5（two starts）。

（3）公差带代号　它包含中径公差带代号和顶径公差带代号。标注时，中径公差带代号在前，顶径公差带代号在后。各直径的公差带代号由表示公差等级的数值和表示公差带位置的字母（内螺纹为大写字母、外螺纹为小写字母）表示。

如果中径公差带代号和顶径公差带代号相同，则只标注一个公差带代号。

螺纹尺寸代号与公差带代号之间，用短线“-”分开。例如，中径公差带代号为5g、顶径公差带代号为6g的外螺纹，标记为：M10×1-5g6g。

中径公差带代号和顶径公差带代号均为6H的粗牙内螺纹，标记为：M10-6H。

在下列情况下，中等公差精度螺纹不标注其公差带代号。

内螺纹的公称直径小于等于1.4mm，公差带代号为5H时，或公称直径大于等于1.6mm，公差带代号为6H时。

外螺纹的公称直径小于等于1.4mm，公差带代号为6h时；或公称直径大于等于1.6mm，公差带代号为6g时。例如，中径和顶径的公差带代号均为6g，中等精度的粗牙外螺纹，可简化标记为M10；中径和顶径公差带代号均为6H，中等精度的粗牙内螺纹，可简化标记为M10。

（4）旋合长度代号　中等旋合长度组螺纹，不标注旋合长度代号N。对短旋合长度组和长旋合长度组的螺纹，应在公差带代号后分别标注代号“S”和“L”。旋合长度代号与公差带间用短线“-”分开。

例如，短旋合长度组标记为M20×2-5H-S，长旋合长度组标记为M6-7g6g-L。

（5）旋向代号　右旋螺纹不标注旋向代号，左旋螺纹则应在旋合长度代号后标注代号“LH”。旋合长度代号与旋向代号间用短线“-”分开。

例如，M6×0.75-5h6h-S-LH。

（6）螺纹的配合标记　表示内、外螺纹配合时，应同时标出其各自的公差带，标注时内螺纹公差带代号在前，外螺纹公差带代号在后，中间用斜线分开。例如，公差带为6H的内螺纹与公差带为5g6g的外螺纹组成配合，标记为M20×2-6H/5g6g。

在图样上，螺纹应注出上述标准所规定的螺纹标记。螺纹标记应直接注在大径的尺寸线上，如图182a、b所示，或其引出线上，如图182c、d所示。



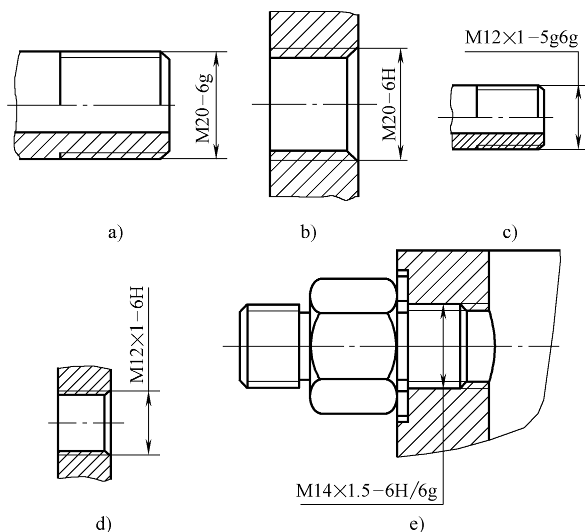


图 182　螺纹的标注方法

需要时，在装配图中应标注出螺纹副的标记。该标记的表示方法应按上述螺纹的配合标记标准规定。标记的标注方法与上述螺纹标注方法相同，即可直接标注在螺纹大径的尺寸线或其引出线上，如图 182e 所示。

173. 常用螺纹检测方法有哪些?

答：螺纹检测手段有多种，生产中应根据螺纹使用要求及螺纹加工条件，由产品设计者自己决定采用何种检测手段。

螺纹的检测方法分为综合检验法和单项测量法两类。

(1) 综合检验法　即采用螺纹量规检验螺纹的合格性。在成批、大量生产中，普通螺纹均采用综合检验法。这种方法只能评定零件的合格性，而不能量出各实际参数的大小。

螺纹量规如前述光滑圆柱量规一样，分通规和止规。检验外螺纹采用螺纹环规，检验内螺纹采用螺纹塞规。

检验外螺纹用螺纹环规　如图 183 所示。通规（图 183a）用来检验外螺纹的作用中径，故具有完整牙型，它还同时控制螺

纹小径的上极限尺寸，其长度等于旋合长度。止规（图 183b）检验螺纹的单一中径，故采用截短牙型，且其长度缩短（螺纹圈数为 2～3 圈），以分别避免或减小牙型半角误差和螺距误差对检验结果的影响。外螺纹大径则另用光滑极限量规检验。

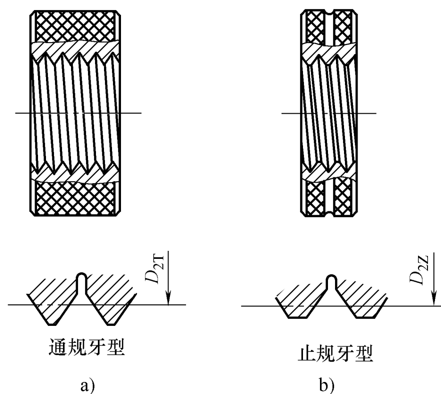


图 183　螺纹环规

检验内螺纹用螺纹塞规，如图 184 所示。通规（图 184a）用于检验内螺纹的作用中径，故具有完整的牙型，同时它还控制内螺纹大径的下极限尺寸。止规（图 184b）则用于检验内螺纹的单一中径，故采用短牙型，以避免或减小牙型半角误差对检验结果的影响，且其长度缩短（螺纹圈数为 2～3 圈），以避免螺距偏差对检验结果的影响。内螺纹小径则另用光滑极限量规检验。

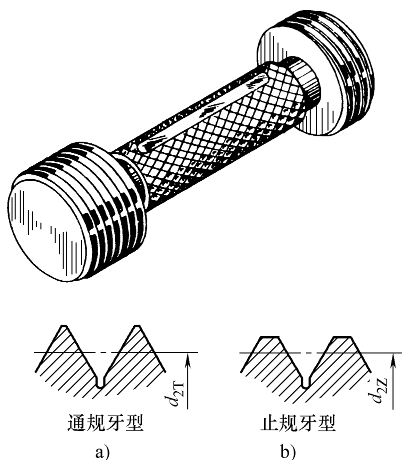


图 184　螺纹塞规

采用螺纹量规检验零件



时；螺纹通规应能自由旋过零件，而同时螺纹止规则不能旋入零件，或旋入零件不超过两圈，则表示零件合格。

（2）单项测量法　常用有三针测量法和影像法。

1）三针测量法。它是用来测量外螺纹实际中径的一种方法。最简单的三针测量法只需用三根直径相等的量针和外径千分尺就可进行测量。该法所用测量量针是由量具厂专门生产的，如图 185 所示。测量时，将三根直径相同的量针分别放在螺纹直径两侧的沟槽中，然后用外径千分尺测出针距 M（单位为 mm），如图 186 所示。根据已知的螺距、牙型角和量针直径的数值，按其几何关系可计算得出实际中径 d_2。

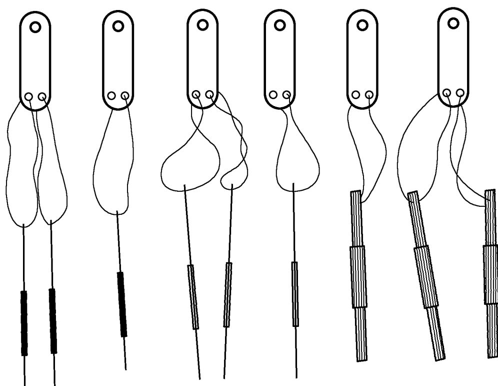


图 185　三针测量法所用量针

$$d_2 = M - d_0\left(1 + \frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}}\right) + \frac{P}{2}\cot\alpha/2$$

式中　d_2——实际中径（mm）；

M——外径千分尺实测数值（mm）；

d_0——所用量针直径（mm）；

α——牙型角（°）

P——螺距（mm）。

由上式可知，影响三针测量精度的因素中，除了所选量仪的示值误差和量针本身的误差外，还有被测螺纹的螺距误差和牙型半角误差。为了避免牙型半角误差对测量结果的影响，测量时应选用最佳直径的量针，即使量针与螺纹沟槽接触的两个切点恰好在中径线上，如图 187 所示。最佳直径 d_0 由下式计算。

$$d_0 = \frac{P}{2\cos\frac{\alpha}{2}}$$

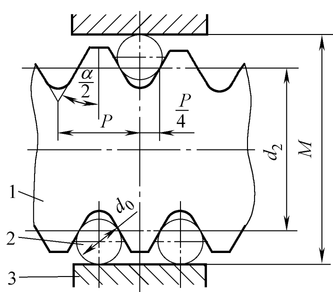


图 186　三针测量法

1—被测螺纹　2—量针　3—外径千分尺

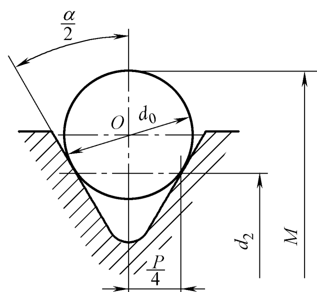


图 187　最佳直径 d_0

对普通螺纹其牙型角 $\alpha = 60°$，量针最佳直径 $d_0 = 0.577P$。由此可见，每一种螺距具有一种最佳直径的量针。

若将上述中径计算公式代入 $\alpha = 60°$（普通螺纹牙型角），可得

$$d_2 = M - 3d_0 + 0.866P$$
$$= M - A_{60°}$$

式中　$A_{60°} = 3d_0 - 0.866P$

由此可知，已知普通螺纹（牙型角 $\alpha = 60°$）的螺距 P，便可从表 71 中直接查得最佳量针直径 d_0，并查得 $A_{60°}$ 的数值。生产中只要将测量 M 值减去 $A_{60°}$ 值，便可直接求得被检验螺纹的中径值。

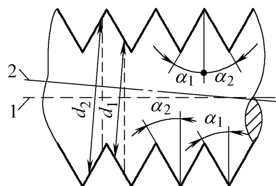


2）影像法　在工具显微镜上，将被测螺纹牙型轮廓放大成像在镜头中，根据放大的轮廓，测量牙廓与螺纹轴线的垂线间的夹角，得牙型半角 α_1 和 α_2；再沿垂直于螺纹轴线方向，测量螺纹轴线两侧牙廓之间的距离，得中径 d_1 和 d_2，如图 188a 所示。沿平行于轴线方向，测量同侧牙廓之间的距离，得累积螺距 L_1 和 L_2，如图 188b 所示。为了消除在仪器上安装零件时螺纹轴线与测量轴线不重合而产生的测量误差，可以将左、右两侧测量数据取其平均值作为测量结果。

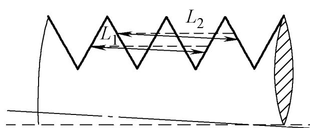
表 71　三针测量法测量普通螺纹用量针直径 d_0 及 $A_{60°}$ 值

（单位：mm）

螺距 P	量针直径 d_0	$A_{60°}$	螺距 P	量针直径 d_0	$A_{60°}$
0. 5	0. 291	0. 440	2	1. 157	1. 739
0. 75	0. 433	0. 650	2. 5	1. 441	2. 158
1	0. 572	0. 850	3	1. 732	2. 598
1. 25	0. 724	1. 090	3. 5	2. 020	3. 029
1. 5	0. 866	1. 229	4	2. 311	3. 469
1. 75	1. 008	1. 599	4. 5	2. 595	3. 888



a)



b)

图 188　影像法测量

1—螺纹轴线　2—测量轴线

圆柱齿轮的公差与检测

174. 什么是齿轮传动机构？齿轮传动有哪些类型？

答：齿轮传动机构是指利用制作在零件表面上的牙齿相互啮合，用来传递零件运动的机构，如图189所示。当主动齿轮1转动时，它的牙齿就依次拨动从动齿轮2，使从动齿轮也跟着一起转动。

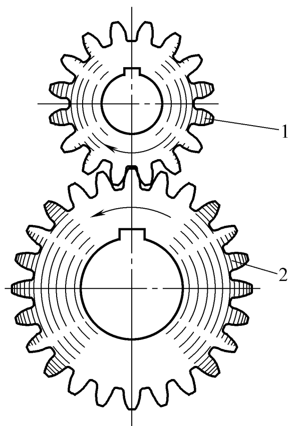


图189　齿轮传动
1—主动齿轮　2—从动齿轮

在机械产品中，齿轮传动应用得相当广泛，其可以用来传递运动、传递转矩和分度。

根据机器的结构形式和功能要求不同，其所采用的齿轮传动机构的形式有多种，常用的齿轮传动有以下三种类型，如图190所示。

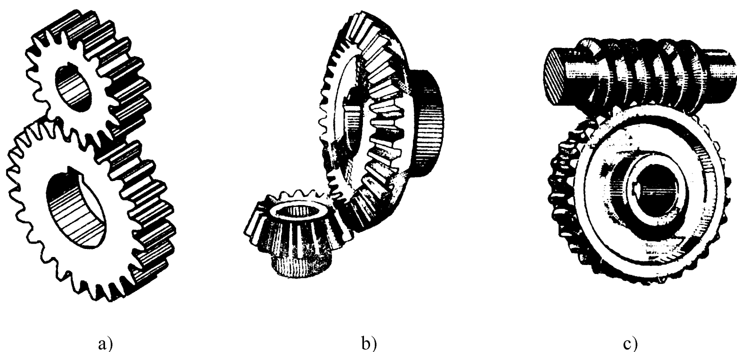


图190　齿轮传动类型



1）圆柱齿轮传动（图 190a），用于平行轴之间的传动。

2）锥齿轮传动（图 190b），用于相交两轴间的传动。

3）蜗杆传动（图 190c），用于交叉两轴间的传动。

齿轮传动的特点是：传动速比稳定，传动精度高，效率高，寿命长，应用转速范围和功率范围广。但是，为了提高其传动平稳性，对齿轮的加工精度要求较高，加工困难，两轴中心距较大时，传动装置庞大。

175. 齿轮传动有哪些使用要求？

答：齿轮是机器和仪器的重要零件，其精度在一定程度上直接影响着整台机器或仪器的性能和质量。现代工业对齿轮传动提出越来越高的要求，主要有以下几项。

（1）传递运动的准确性　所谓传递运动的准确性，是要求传递运动或分度准确可靠。为此，必须要求齿轮在一转范围内，最大的转角误差不能超过允许范围。

（2）传动的平稳性　所谓传动的平稳性，是指要求齿轮传动瞬时的传动比变化尽量小，以保证传动平稳，噪声、振动较小。

（3）载荷分布的均匀性　所谓载荷分布的均匀性，是指要求一对齿轮啮合时，工作齿面的接触区域不能小于允许的范围，即在受载下能够良好接触，以保证足够的承载能力和使用寿命。

（4）使用的可靠性　所谓使用的可靠性，是指保证齿轮正常工作的性能，即要求齿轮副有适当的齿侧间隙（侧隙），以补偿热变形和储存润滑油，保证齿轮正常工作，防止工作中卡死或烧伤。

对每一个齿轮来说，都应满足上述四项要求，但由于齿轮传动的用途和工作条件不同，对上述要求的侧重点也不相同。例如，对精密机床分度机构和仪器读数机构中的齿轮，传递运动的准确性是主要的，对传动平稳性也有一定要求，而对载荷分布的均匀性往往是次要的；对承载齿轮，如矿山机械、冶金机械和起重机械中的齿轮，其传递运动的转矩很大、转速低，所以主要要求是载荷分布的均匀性，齿轮副侧隙也应足够大，以补偿受力后

变形，而对传递运动准确性要求不高；对高速重载齿轮，如汽轮机、涡轮机和航空发动机等动力机械减速器中的齿轮，其传递运动的准确性，传动的平稳性及载荷分布的均匀性都要求很高，特别要控制瞬时传动比的变化，以减小噪声和振动。由此可见，对不同工作条件的齿轮传动，应提出不同的要求。

176. 影响齿轮传动使用要求的误差有哪些?

答：由于齿轮的齿形比较复杂，参数比较多，加工也很困难，加工好的齿轮相对于理想齿轮必然会产生各种误差。根据对上述四项使用要求影响来分析，主要有以下误差。

（1）影响传递动动准确性的误差　影响传递运动准确性主要是以齿轮一转为周期的误差，主要体现在齿轮轮齿中心与旋转中心不同轴，造成各轮齿相对于旋转中心不均匀分布，任意两齿距不相等，各齿高不相等，且齿距由小变大，再由大变小，在传动中产生转角误差，故影响传递运动的准确性。

另外，由于加工刀具安装位置偏差，使加工出的齿轮上各轮齿的形状和位置相对于旋转中心产生误差，也会造成传动中产生转角误差，影响传递运动的准确性。

（2）影响传动平稳性的误差　影响传动平稳性主要是在一齿啮合范围内引起瞬时传动比不断变化的误差。它主要有齿轮基圆齿距偏差和齿形误差。

1）基圆齿距偏差。两个齿轮正确啮合的条件之一是两齿轮的基圆齿距相等。若两齿轮的基圆齿距不相等时，轮齿在进入或退出啮合时会产生撞击，引起振动和噪声，影响传动平稳性。两轮齿的基圆齿距差值越大，则引起进入啮合过程中时传动比的变化就越大，引起的振动和噪声就越大。

2）齿形误差。齿形误差是指轮齿端截面上渐开线的形状误差。由共轭齿形啮合状态可知，当实际齿形偏离渐开线形状时，会使齿轮在一齿啮合范围内的传动比不断变化，而引起振动和噪声，影响传动平稳性。

齿轮上各基圆齿距的偏差和齿形误差大小程度虽有不同，但



它们都是在齿轮传动一转过程中重复出现的。

（3）影响载荷分布均匀性的误差　齿轮工作时齿面接触状况直接影响着载荷分布的均匀性。影响齿面接触状况的误差可分为两个方向：一是沿齿长方向的齿向误差；一是沿齿高方向的基圆齿距偏差和齿形误差。

齿向误差是指齿面与分度圆柱面的交线的形状和方向误差。

（4）影响侧隙的误差　影响侧隙大小和不均匀度的主要误差是齿厚偏差及其变动量。齿厚偏差是指实际齿厚与公称齿厚之差。为了保证最小侧隙，必须控制齿厚的最小减薄量；为了限制侧隙不致过大，又要控制其最大减薄量。

177. 什么是《圆柱齿轮 ISO 精度制》？我国为何等同地采用“圆柱齿轮 ISO 精度制”？

答：为满足各种机器和仪器中齿轮传动机构的使用性能要求，对圆柱齿轮的加工精度要求做出了统一规定，称为《圆柱齿轮　精度制》。

《圆柱齿轮 ISO 精度制》是由国际标准化组织（简称为 ISO）发布的一项较完整、科学的新型齿轮精度标准，是目前世界各国广泛采用的一项机械基础标准，其对机械工业发展具有重要意义。国际标准化组织于 1975 年发布了《平行轴渐开圆柱齿轮——ISO 精度制》（简称为旧国际标准），又于 1997 年发布了圆柱齿轮 ISO 精度制》（简称为新国际标准），废止和代替旧国际标准。

新国际标准《圆柱齿轮 ISO 精度制》具有以下特点。

1）ISO 精度制比较科学，概念明确、严密，规律性较强，基本上做到公式化。

2）ISO 精度制所规定的使用范围较广，标准中给出了分度圆直径为 $\phi5\sim\phi10000$mm、法向模数为 0.5～70mm、齿宽为 4～1000mm 各种规格齿轮不同精度等级（从 0～12 共 13 个精度等级）的公差数值，能够满足各种机械产品广泛需要。

3）ISO 精度制标准中除了给出齿轮要素偏差的定义及允许

值外，还把有关齿轮检验方法的说明和建议，以技术报告的形式发布，使产品检验的方法统一，确保产品质量。

4）ISO 精度制已被世界上多数国家采用，这样便于世界各国标准统一，有利于国际的技术交流和经济合作。

为了有利于技术上与国际接轨，促进技术进步和国际技术交流，我国于 1988 年等同采用了旧国际标准，发布了国家标准 GB/T 10095—1988《渐开线圆柱齿轮精度》（简称为旧国家标准），又于2001 年等同采用了新国际标准，废止和取代了旧国家标准。2008 年国家标准又对部分术语做了修改，颁布并实施新国家标准 GB/T 10095. 1—2008 和 GB/T 10095. 2—2008。

178. 国家标准《圆柱齿轮　精度制》（GB/T 10095—2008）包括哪些内容？

答：国家标准《圆柱齿轮　精度制》（GB/T 10095—2008）由下列两部分构成。

1）GB/T 10095. 1—2008《圆柱齿轮　精度制　第 1 部分：轮齿同侧齿面偏差的定义和允许值》。

2）GB/T 10095. 2—2008《圆柱齿轮　精度制　第 2 部分：径向综合偏差与径向跳动的定义和允许值》。

为便于上述标准实施，同时把有关齿轮的检验方法的说明，以指导性文件形式发布，组成一个标准和指导性技术文件体系，它包括：

1）GB/Z 18620. 1—2008《圆柱齿轮　检验实施规范　第 1 部分：轮齿同侧齿面的检验》。

2）GB/Z 18620. 2—2008《圆柱齿轮　检验实施规范　第 2 部分：径向综合偏差、径向跳动、齿厚和侧隙的检验》。

3）GB/Z 18620. 3—2008《圆柱齿轮　检验实施规范　第 3 部分：齿轮坯、轴中心距和轴线平行度的检验》。

4）GB/Z 18620. 4—2008《圆柱齿轮　检验实施规范　第 4 部分：表面结构和轮齿接触斑点的检验》。

5）GB/T 13924—2008《渐开线圆柱齿轮精度　检测细则》。



179.《圆柱齿轮　精度制》（GB/T 10095—2008）规定有哪些评定项目？

答：国家标准《圆柱齿轮　精度制》（GB/T 10095—2008）标准中仅对未经装配的单个齿轮精度做出规定，未包括齿轮副。它包括齿距偏差、齿廓偏差、螺旋线偏差、切向综合偏差、径向综合偏差和径向跳动六类齿轮偏差。

各类偏差具体评定项目，见表72。

表中各单项要素测量所用的偏差符号含义如下：

（1）符号中的第一个字母

F——误差在一转内测得。

f——误差在一齿范围内测得。

（2）符号中第一个字母的上标

’——表示单啮。

”——表示双啮。

（3）符号中的下角标

i——综合误差。

t——端面。

p——齿距。

k——累积。

α——齿廓。

f——形状。

H——倾斜。

β——螺旋角。

γ——径向。

在《圆柱齿轮　检验实施规范》（GB/Z 18620—2008）中，还给出了齿厚和公法线长度两项齿轮偏差，以及侧隙、轴中心距偏差、轴线平行度偏差和轮齿接触斑点四项齿轮副偏差要求。

180. 标准（GB/T 10095—2008）中齿轮精度构成是怎样规定的？

答：国家标准对齿轮规定了13个精度等级，其中0级是最

高精度等级，而 12 级为最低精度等级。

如同前述标准公差因子的概念一样，随着被测要素参数大小不同，其加工和检测难易程度也不相同。为此，齿轮精度标准也是通过专门试验和大量统计数据分析，找出齿轮加工和测量误差随齿轮有关参数（分度圆直径 d、模数 m、齿宽 b）的变化规律，首先确定 5 级精度的偏差允许值的计算式，以此作为各种偏差大小的依据基数。

国家标准规定的各偏差项目的 5 级精度的齿轮偏差允许值的计算式，见表 72。式中各参数：d 为分度圆直径（mm）；m 为模数（mm）；m_n 为法向模数（mm），b 为齿宽（mm）。

表 72　《圆柱齿轮　精度制》偏差项目

类别		偏差项目	代号	5 级精度的齿轮偏差值计算式	偏差表
单项偏差	齿距偏差	单个齿距偏差	f_{pt}	$f_{pt}=0.3(m+0.4\sqrt{d})+4$	表 73
		齿距累积偏差	F_{pk}	$F_{pk}=f_{pt}+1.6\sqrt{(k-1)m}$	
		齿距累积总偏差	F_p	$F_p=0.3m+1.25\sqrt{d}+7$	表 74
	齿廓偏差	齿廓总偏差	F_α	$F_\alpha=3.2\sqrt{m}+0.22\sqrt{d}+0.7$	表 76
		齿廓形状偏差	$f_{f\alpha}$	$f_{f\alpha}=2.5\sqrt{m}+0.17\sqrt{d}+0.5$	
		齿廓倾斜偏差	$f_{H\alpha}$	$f_{H\alpha}=2\sqrt{m}+0.14\sqrt{d}+0.5$	
	螺旋线偏差	螺旋线总偏差	F_β	$F_\beta=0.1\sqrt{d}+0.63\sqrt{b}+4.2$	表 77
		螺旋线形状偏差	$f_{f\beta}$	$f_{f\beta}=0.07\sqrt{d}+0.45\sqrt{b}+3$	
		螺旋线倾斜偏差	$f_{H\beta}$	$f_{H\beta}=0.07\sqrt{d}+0.45\sqrt{b}+3$	
	径向跳动	径向跳动	F_r	$F_r=0.24m+0.1\sqrt{d}+5.6$	表 81
综合偏差	切向综合偏差	切向综合总偏差	F'_i	$F'_i=F_p+f'_i$	
		一齿切向综合偏差	f'_i	$f'_i=K(4.3+f_{pt}+F_\alpha)$	
	径向综合偏差	径向综合总偏差	F''_i	$F''_i=3.2m_n+1.01\sqrt{d}+6.4$	表 79
		一齿径向综合偏差	f''_i	$f''_i=2.96m_n+0.01\sqrt{d}+0.8$	表 80

在应用上述计算式时，参数 d、m、m_n 和 b 均应取该分段界限值的几何平均值，而不是用实际数值代入。

各参数限定范围及分段界限值分别为：

分度圆直径 d：5/20/50/125/280/560/1000/1600/2500/4000/6000/8000/10000。

模数 m（法向模数 m_n）：0.5/2/3.5/5/6/10/16/25/40/70。



齿宽 b：4/10/20/40/80/160/250/400/650/1000。

例如，如果实际模数为 7mm，其位于分段界限值 6mm 和 10mm 之间，其公差用计算值应为 $m=\sqrt{6\times10}$mm = 7.746mm。

当齿轮参数不在规定的范围内，或供需双方同意时，可以在计算式内代入实际的齿轮参数。

通过计算式求得计算数值，需经圆整，方法是：计算值大于 10μm，圆整到最接近的整数；计算值小于 10μm，圆整到最接近的相差小于 0.5μm 的小数或整数；如果小于 5μm，圆整到最接近的相差小于 0.1μm 的一位小数或整数。

通过上述计算式求得 5 级精度的允许值。其他各精度等级的数值，可以此为基数乘以级间公比计算出来。两相邻精度等级的级间公比等于$\sqrt{2}$，即本级数值除以（或乘以）$\sqrt{2}$即可得到相邻较高（较低）等级的数值。

按上述规定便可求得各偏差项目各级精度偏差值，分别列出偏差表，供生产中使用。本书中所列齿轮各偏差项目偏差表仅摘录部分常用尺寸段范围数值，生产中若有需要可直接查阅国家标准，或按规定计算式直接求得。

在图样和技术文件中，如果所要求的齿轮精度等级规定为国家标准的某一等级，而无其他规定时，应满足 GB/T 10095—2008 中规定的所有偏差项目的要求。

根据齿轮实际工作的需要，对工作齿面和非工作齿面可规定不同精度等级；对于不同偏差项目也可规定不同的精度等级，也可以仅对工作齿面规定所要求的精度等级。

实际齿轮的精度等级是通过实测偏差值与偏差表中规定的数值进行比较后确定。

181.《圆柱齿轮　检验实施规范》（GB/Z 18620—2008）对生产有何重要意义？齿轮偏差检测基本要求和偏差位置是怎样规定的？

答：《圆柱齿轮　精度制》（GB/T 10095—2008）中明确指出：本标准的每个使用者，都应非常熟悉《圆柱齿轮　检验实施规范》（GB/Z 18620—2008）所叙述的方法和步骤，在本标准的限制范围内，使用其以外的技术是不适宜的。

检验实施规范中，全面、详细地提供了齿轮各个偏差项目的检测方法和测量结果的分析。它不仅对生产有直接指导作用，并且对齿轮检测结果评价有统一标准，为生产技术发展起到很好的推动作用。

在齿轮的检测过程中，为了便于识别被测要素位置，标准中规定了轮齿位置的标记，如图 191 所示。

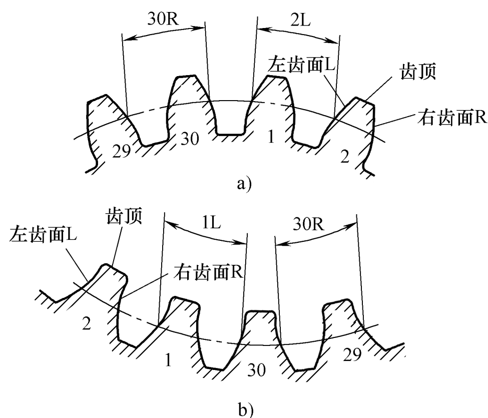


图 191　轮齿的标记与编号
a）外齿轮　b）内齿轮

1）齿轮的基准面。检测时，应选定齿轮的一个端面作为基准面，并标记为 Ⅰ——基准面；Ⅱ——非基准面。

2）齿面方位。对着基准面进行观察，看到一齿的齿顶，在其右边为右齿面，用字母“R”表示；在其左边为左齿面，用字母“L”表示。

3）轮齿的编号。对着齿轮的基准面看，以顺时针方向按自然数依次编号。

4）齿距的编号。单个齿距的编号和下个齿的编号有关，如第 2 齿距是第 1 齿和第 2 齿同侧齿面之间。标记时应指明左、右齿面，如“齿面 2L”是指第 2 齿与第 1 齿左齿面间单个齿距。

5）齿距数 k。在偏差符号的下标处，标注“k”。“k”表示所要测量偏差的相邻齿距的个数，通常以具体数字表示，如 F_{p3} 表示三个齿距的齿距累积误差。

6）斜齿轮的右旋或左旋。斜齿轮的螺旋方向分别用字母“r”和“l”表示。当齿轮轴竖立于观察者前方，所见轮齿向右上方倾斜者为右旋齿轮，用字母“r”表示。反之为左旋齿轮，用字母“l”表示。



182. 齿距偏差规定有哪些评定项目？各项目的偏差是怎样规定的？

答： 齿距偏差规定有以下三个评定项目。

（1）单个齿距偏差 f_{pt}　单个齿距偏差 f_{pt} 是指在端平面上，在接近齿高中部的一个与齿轮轴线同心的圆上，实际齿距与理论齿距的代数差，如图 192 所示。

国家标准规定了单个齿距偏差的允许值 $\pm f_{pt}$，见表 73。

（2）齿距累积偏差 F_{pk}　齿距累积偏差 F_{pk} 是指任意 k 个齿距的实际弧长与理论弧长的代数差（图 192）。理论上它等于 k 个齿距的各单个齿距偏差的代数和。

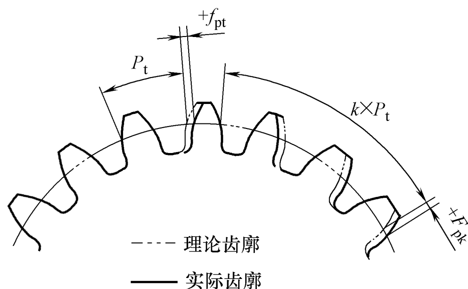


图 192　齿距偏差与齿距累积偏差

除另有规定，F_{pk} 的计算值仅限于不超过 1/8 的圆周弧段内。因此，F_{pk} 的允许值适用于齿距数为 2 到 $z/8$ 的弧段内。通常，F_{pk} 取 $k=z/8$ 就足够了。对于特殊应用（如高速齿轮）需要检验小弧段，可规定适宜的 k 数。

齿距累积偏差 F_{pk} 对齿轮传动性能影响很大。如果在较少的齿距数上的齿距累积偏差过大时，在实际工作中将产生很大的加速度力，这在高速齿轮传动中更为明显，因为可能产生很大的动载荷，因而有必要规定较少齿距范围内的累积公差（跨齿数的选择详见 183 题）。

标准中没有提供齿距累积偏差 F_{pk} 允许值数值表，需要时可按 180 题所述规定通过计算得到。

（3）齿距累积总偏差 F_p　齿距累积总偏差 F_p 是指齿轮同侧齿面任意弧段（$k=1$ 至 $k=z$）内的最大齿距累积偏差。它表现为齿距累积偏差曲线的总幅值。

国家标准规定了齿距累积总偏差 F_p 值的数值表，见表 74。



表 73 单个齿距偏差 $\pm f_{pt}$ （单位：μm）

分度圆直径 d/mm	模数 m/mm	精度等级												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$20 < d \leqslant 50$	$0.5 \leqslant m \leqslant 2$	0.9	1.2	1.8	2.5	3.5	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0	28.0	40.0	56.0
	$2 < m \leqslant 3.5$	1.0	1.4	1.9	2.7	3.9	5.5	7.5	11.0	15.0	22.0	31.0	44.0	62.0
	$3.5 < m \leqslant 6$	1.1	1.5	2.1	3.0	4.3	6.0	8.5	12.0	17.0	24.0	34.0	48.0	68.0
$50 < d \leqslant 125$	$2 < m \leqslant 3.5$	1.0	1.5	2.1	2.9	4.1	6.0	8.5	12.0	17.0	23.0	33.0	47.0	66.0
	$3.5 < m \leqslant 6$	1.1	1.6	2.3	3.2	4.6	6.5	9.0	13.0	18.0	26.0	36.0	52.0	73.0
	$6 < m \leqslant 10$	1.3	1.8	2.6	3.7	5.0	7.5	10.0	15.0	21.0	30.0	42.0	59.0	84.0
$125 < d \leqslant 280$	$2 < m \leqslant 3.5$	1.1	1.6	2.3	3.2	4.6	6.5	9.0	13.0	18.0	26.0	36.0	51.0	73.0
	$3.5 < m \leqslant 6$	1.2	1.8	2.5	3.5	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0	28.0	40.0	56.0	79.0
	$6 < m \leqslant 10$	1.4	2.0	2.8	4.0	5.5	8.0	11.0	16.0	23.0	32.0	45.0	64.0	90.0
	$10 < m \leqslant 16$	1.7	2.4	3.3	4.7	6.5	9.5	13.0	19.0	27.0	38.0	53.0	75.0	107.0
$280 < d \leqslant 560$	$2 < m \leqslant 3.5$	1.3	1.8	2.5	3.6	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0	29.0	41.0	57.0	81.0
	$3.5 < m \leqslant 6$	1.4	1.9	2.7	3.9	5.5	8.0	11.0	16.0	22.0	31.0	44.0	62.0	88.0
	$6 < m \leqslant 10$	1.5	2.2	3.1	4.4	6.0	8.5	12.0	17.0	25.0	35.0	49.0	70.0	99.0
	$10 < m \leqslant 16$	1.8	2.5	3.6	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0	29.0	41.0	58.0	81.0	115.0

表 74　齿距累积总偏差 F_p

（单位：μm）

分度圆直径 d/mm	模数 m/mm	精度等级												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$20 < d \leqslant 50$	$0.5 \leqslant m \leqslant 2$	2.5	3.6	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0	29.0	41.0	57.0	81.0	115.0	162.0
	$2 < m \leqslant 3.5$	2.6	3.7	5.0	7.5	10.0	15.0	21.0	30.0	42.0	59.0	84.0	119.0	168.0
	$3.5 < m \leqslant 6$	2.7	3.9	5.5	7.5	11.0	15.0	22.0	31.0	44.0	62.0	87.0	123.0	174.0
$50 < d \leqslant 125$	$2 < m \leqslant 3.5$	3.3	4.7	6.5	9.5	13.0	19.0	27.0	38.0	53.0	76.0	107.0	151.0	214.0
	$3.5 < m \leqslant 6$	3.4	4.9	7.0	9.5	14.0	19.0	28.0	39.0	55.0	78.0	110.0	156.0	220.0
	$6 < m \leqslant 10$	3.6	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0	29.0	41.0	58.0	82.0	116.0	164.0	231.0
$125 < d \leqslant 280$	$2 < m \leqslant 3.5$	4.4	6.0	9.0	12.0	18.0	25.0	35.0	50.0	70.0	100.0	141.0	199.0	282.0
	$3.5 < m \leqslant 6$	4.5	6.5	9.0	13.0	18.0	25.0	36.0	51.0	72.0	102.0	144.0	204.0	288.0
	$6 < m \leqslant 10$	4.7	6.5	9.5	13.0	19.0	26.0	37.0	53.0	75.0	106.0	149.0	211.0	299.0
	$10 < m \leqslant 16$	4.9	7.0	10.0	14.0	20.0	28.0	39.0	56.0	79.0	112.0	158.0	223.0	316.0
$280 < d \leqslant 560$	$2 < m \leqslant 3.5$	6.0	8.0	12.0	16.0	23.0	33.0	46.0	65.0	92.0	131.0	185.0	261.0	370.0
	$3.5 < m \leqslant 6$	6.0	8.5	12.0	17.0	24.0	33.0	47.0	66.0	94.0	133.0	188.0	266.0	376.0
	$6 < m \leqslant 10$	6.0	8.5	12.0	17.0	24.0	34.0	48.0	68.0	97.0	137.0	193.0	274.0	387.0
	$10 < m \leqslant 16$	6.5	9.0	13.0	18.0	25.0	36.0	50.0	71.0	101.0	143.0	202.0	285.0	404.0



183. 齿距偏差的检验方法有哪些?

答: 齿距偏差的检验可采用测量其实际值（角度值）；或沿齿轮圆周上同侧齿面间距离作比较测量。

（1）单个齿距偏差的检测

1）用齿距比较仪（两个触头）检测。用齿距比较仪测量齿距偏差，如图193所示。测量前，先沿导向滑轨3调整两测头2相对被测齿轮1的位置，应在相对于齿轮轴线的同一半径上，并位于同一横截面内，与同侧齿面相接触。

测量时，使被测齿轮慢慢地转至适当位置，移动固定在导向滑轨上的两个触头，使其至调整好的固定的径向深度（即轮齿的中部）。使其与相邻两齿的同侧齿面相接触，测得齿距偏差值。依次转动被测齿轮，而导向滑轨上的两个测头在测量部位来回移动，便可测得所有相邻两齿单个齿距偏差。按前述齿轮位置标识方法将其记录下来，见表75。

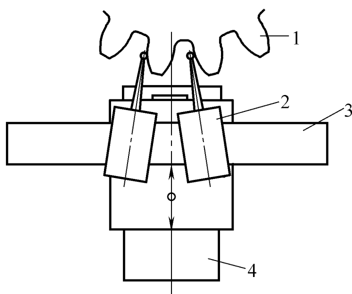


图193　用齿距比较仪测量齿距偏差
1—被测齿轮　2—测头
3—导向滑轨　4—机座

表75　单个齿距偏差测量数据　　（单位：μm）

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	25	23	26	24	19	19	22	19	20	18	23	21	19	21	24	25	27	21
B	22.00																	
C	+3	+1	+4	+2	−3	−3	0	−3	−2	−4	+1	−1	−3	−1	+2	+3	+5	−1
D	+3	+4	+8	+10	+7	+4	+4	+1	−1	−5	−4	−5	−8	−9	−7	−4	+1	0

注：*N*——轮齿序数；
A——比较仪测得值；
B——所有*A*值的算术平均值；
C——单个齿距偏差f_{pt}，表示为*A*的各个值与平均值*B*的差值；
D——由f_{pt}（*c*）值依次连续累加而得的齿距累积偏差。

表75为单个齿距测量虚拟偏差数据处理举例，为方便说明均取简单整数，与实际值不同。



标准中规定：单个齿距偏差f_{pt}需对每个轮齿的两侧都进行测量。

2）用角度转位法（一个触头）检测。用角度转位法测量齿距偏差，如图194所示。测量时，先将测头2调至被测齿轮齿面被测位置（轮齿中部附近），选定一基准齿面（零齿面），依次由分度转位器1转动齿轮。对每个齿面，测头在预先设定要检测部位上来回移动，就可测得轮齿偏离理论位置的偏差，该偏差值是相对于基准齿面（零齿面）的数值。故该测得数据代表了相关齿面的位置偏差，由此记录的数据曲线则显示出齿轮在圆周上的齿距累积偏差F_{pk}。

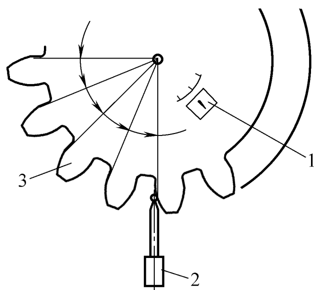


图194　用角度转位法测量齿距偏差
1—分度转位器　2—测头
3—被测齿轮

用第N个齿面位置偏差减去第$N-1$个齿面的代数差，即为每个单个齿距偏差。

用不带旋转工作台的坐标测量机也可用来测量齿距和齿距偏差，其原理与上述角度转位法基本相同。

3）用便携式比较仪检测。用便携式比较仪只能检验“法向”齿距偏差。当没有其他适当仪器时，可采用此法，测得法向齿距偏差，然后按下式将法向齿距偏差测量值转换为端面齿距偏差数值（因为标准中规定的允许值是指端面齿距）。

$$f_{pt} = \frac{f_{pn}}{\cos\beta}$$

式中　f_{pt}——端面齿距偏差；

f_{pn}——法向齿距偏差；

β——螺旋角。

如图195所示，测量时，通过定位量脚2与齿顶圆紧密接触，其必须和齿轮轴线保持足够的同心度。通过弹簧加载的支脚

5 将固定量爪 3 紧紧与齿面中部位置贴合，测头 4 则与相邻同侧齿面接触，通过指示器 1 便可测得“法向”齿距偏差值。

应当指出：法向齿距偏差测量值，不能加起来作为齿距累积偏差。

（2）齿距累积偏差 F_{pk} 的检测　齿距积累偏差是由对任何指定数目的端面单个齿距偏差进行代数相加所确定的。前述角度转位法则可直接测得齿距累积偏差值。

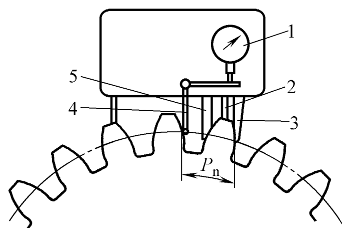


图 195　用便携式比较仪测量法向齿距偏差

1—指示器　2—定位量脚　3—固定量爪　4—测头　5—支脚

当齿轮的齿数很多，用比较仪进行单个齿距测量时，由于很难保证每次测量时测头位置完全重合，故存在测量的不准确性，若再将测得值叠加起来，便会产生很大的误差。

为减少上述的不准确性，当齿轮超过 60 个齿时，最好改用扇形区测量来评定齿距累积偏差，如图 196 所示。

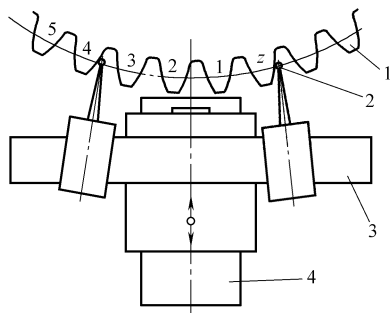


图 196　扇形区测量原理

1—被测齿轮　2—测头　3—导向滑轨　4—机座

选择扇形区包含齿数 S 时，必须符合以下要求。

1）扇形区的弦长应适合所用齿距比较仪的量程。

2）测得点数应足够用来绘制出一条可接受的累积偏差曲线。



选择合适的扇形区齿数可参考图 197 提供的公式和曲线。

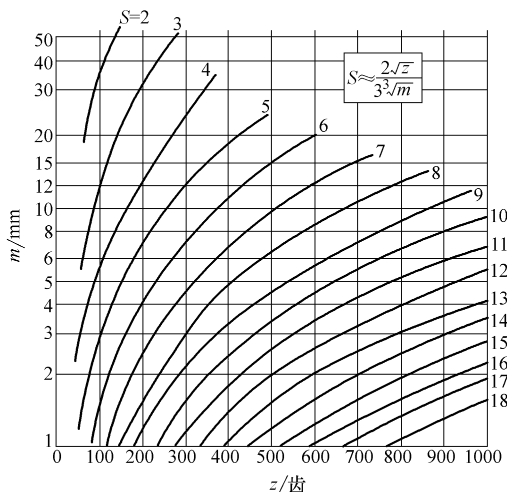


图 197　扇形区齿距测量时扇形区齿数（S）的选择

选择时 z/S 应取为整数，如 z/S 不是整数时，应取大于 z/S 的整数，以使测量最后一个扇形区时，将包含一部分第一个扇形区中的部分轮齿。

由上述扇形区齿距测量所测得扇形区齿距偏差的代数和所建立起来的曲线，常常不能反映齿距累积总偏差。这是因为扇形区内极端的单个齿距偏差在扇形区内被抵消了，故影响齿距总偏差数值。为此，当测得偏差值接近于极限偏差时，就应检查在此扇形区范围内单个齿距偏差，以保证齿距累积总偏差更加精确。

同样，在齿轮的齿距累积偏差曲线中，少数齿距的最大齿距累积偏差有着明显的差别，如图 198a、b 所示表示两个齿轮齿距累积偏差曲线，由图中可以看出两齿轮的齿距累积总偏差 F_p 完全相同，但少数齿距的最大齿距累积偏差有着明显差别。图 198a、b 曲线中 k 个齿距所示 F_{p4} 值具有很大差异。

给定数目的 k 个齿距上最大累积偏差 F_{pk} 可由 F_{pk} 图导出，即依次从齿轮的每个齿面出发，取给定弧长度（$k\times p_t$），其中可

得到最大值。

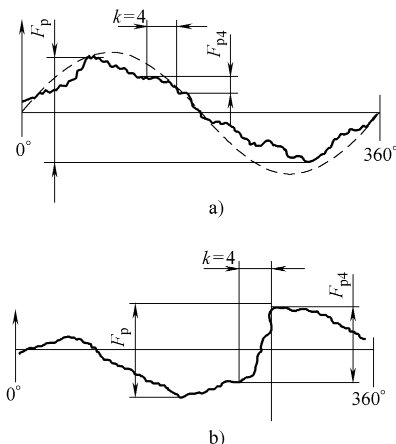


图198　齿距累积偏差曲线

（3）齿距累积总偏差 F_p 的检测。　齿距累积总偏差是指一个齿轮任意扇形部分同侧齿面间的最大齿距累积偏差，其数值等于齿距累积偏差曲线的最高和最低点之间的距离，如图198所示。

184. 齿廓偏差规定有哪些评定项目？各项目的偏差是怎样规定的？

答： 齿廓偏差是指实际齿廓偏离设计齿廓的量，该量在端平面内且垂直于渐开线齿廓的方向计值，如图199所示。

设计齿廓1是指符合设计规定的齿廓，当无其他限定时，是指端面齿廓。在齿廓曲线图中（如图199上方所示），未经修形的渐开线齿廓迹线一般为直线。

实际齿轮设计为了保证其强度功能，在齿形根部制成圆角，而齿顶部进行倒棱或倒圆，为此，齿廓的计值范围有所规定。

齿廓的可用长度 L_{AF} 是指从齿顶倒圆起始点4（图199）到齿根圆角起始点5所限定的范围。

齿廓的有效长度 L_{AE} 则是指与其相配齿轮有效啮合点6到齿顶点范围。



齿廓计值范围 L_α 是有效长度中的一部分，其长度等于有效长度 L_{AE} 的 92%。对于剩下的 8% 为靠近齿顶处的 L_{AE} 与 L_α 之差。在齿廓计值范围内应遵照规定精度等级的公差。

齿廓偏差规定有以下三个评定项目。

（1）齿廓总偏差 F_α　齿廓总偏差 F_α 是指在计值范围内，包容实际齿廓迹线的两条设计齿廓迹线间的距离（图 199）。

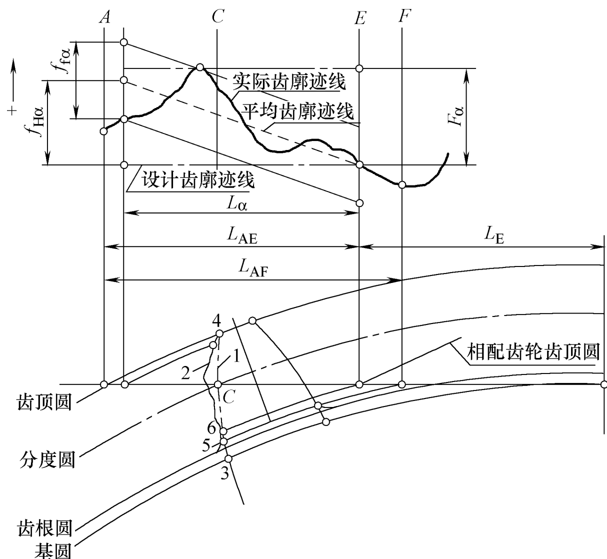


图 199　齿轮齿廓偏差

1—设计齿廓　2—实际齿廓　3—渐开线起始点　4—齿顶点
5—可用齿廓起始点　6—有效齿廓起始点

国家标准规定了齿廓总偏差 F_α 值，见表 76。

齿廓总偏差 F_α 是齿廓偏差基本评定项目，为了齿轮质量分等，只需检验此项偏差即可。

（2）齿廓形状偏差 $f_{f\alpha}$　齿廓形状偏差 $f_{f\alpha}$ 是指在计值范围内，包容实际齿廓迹线的两条与平均齿廓迹线完全相同的曲线间的距离，且两条曲线与平均齿廓迹线的距离为常数（图 199）。

被测齿面的平均齿廓是指设计齿廓迹线的纵坐标减去一条斜直线的纵坐标后得到一条迹线，这条斜直线使得在计值范围内，



表 76 齿廓总偏差 F_{α} （单位：μm）

分度圆直径 d/mm	模数 m/mm	精度等级												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$20 < d \leqslant 50$	$0.5 < m \leqslant 2$	0.9	1.3	1.8	2.6	3.6	5.0	7.5	10.0	15.0	21.0	29.0	41.0	58.0
	$2 < m \leqslant 3.5$	1.3	1.8	2.5	3.6	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0	29.0	40.0	57.0	81.0
	$3.5 < m \leqslant 6$	1.6	2.2	3.1	4.4	6.0	9.0	12.0	18.0	25.0	35.0	50.0	70.0	99.0
$50 < d \leqslant 125$	$2 < m \leqslant 3.5$	1.4	2.0	2.8	3.9	5.5	8.0	11.0	16.0	22.0	31.0	44.0	63.0	89.0
	$3.5 < m \leqslant 6$	1.7	2.4	3.4	4.8	6.5	9.5	13.0	19.0	27.0	38.0	54.0	76.0	108.0
	$6 < m \leqslant 10$	2.0	2.9	4.1	6.0	8.0	12.0	16.0	23.0	33.0	46.0	65.0	92.0	131.0
$125 < d \leqslant 280$	$2 < m \leqslant 3.5$	1.6	2.2	3.2	4.5	6.5	9.0	13.0	18.0	25.0	36.0	50.0	71.0	101.0
	$3.5 < m \leqslant 6$	1.9	2.6	3.7	5.5	7.5	11.0	15.0	21.0	30.0	42.0	60.0	84.0	119.0
	$6 < m \leqslant 10$	2.2	3.2	4.5	6.5	9.0	13.0	18.0	25.0	36.0	50.0	71.0	101.0	143.0
	$10 < m \leqslant 16$	2.7	3.8	5.5	7.5	11.0	15.0	21.0	30.0	43.0	60.0	85.0	121.0	171.0
$280 < d \leqslant 560$	$2 < m \leqslant 3.5$	1.8	2.6	3.6	5.0	7.5	10.0	15.0	21.0	29.0	41.0	58.0	82.0	116.0
	$3.5 < m \leqslant 6$	2.1	3.0	4.2	6.0	8.5	12.0	17.0	24.0	34.0	48.0	67.0	95.0	135.0
	$6 < m \leqslant 10$	2.5	3.5	4.9	7.0	10.0	14.0	20.0	28.0	40.0	56.0	79.0	112.0	158.0
	$10 < m \leqslant 16$	2.9	4.1	6.0	8.0	12.0	16.0	23.0	33.0	47.0	66.0	93.0	132.0	186.0



实际齿廓迹线的平方和最小。平均齿廓迹线的位置和倾斜度可以用“最小二乘法”确定。

平均齿廓是用来确定$f_{f\alpha}$和$f_{H\alpha}$的一条辅助齿廓迹线。

国家标准在附录中给出齿廓形状偏差值计算式（表72）。标准中规定：齿廓形状偏差$f_{f\alpha}$可根据需要，有时作为有用的参数和评定值，但不是必检项目。

（3）齿廓倾斜偏差$f_{H\alpha}$　齿廓倾斜偏差$f_{H\alpha}$是指在计值范围的两端与平均齿廓迹线相交的两条设计齿廓迹线间的距离（图199）。

国家标准在附录中给出了齿廓倾斜偏差$f_{H\alpha}$值计算式（表72）。同样标准中规定齿廓倾斜偏差不是必检项目。

185. 怎样检测齿廓偏差？

答：齿廓偏差是由齿轮齿廓检验设备直接画出齿廓偏差曲线。根据测出的齿廓图来评定齿廓偏差。

沿齿廓图上任何一点，均可与一个半径、一个基圆切线长度和一个渐开线滚动展开角相联系（图199）。

齿廓计值范围L_α等于在有效长度L_{AE}中从其顶端或倒棱处减去8%，这是为了评定时排除在切削过程中非有意地多切掉的顶部，这并不损害齿轮的功能。在评定齿廓总偏差F_α和齿廓形状偏差$f_{f\alpha}$时，在8%区域内如有超出设计齿廓的材料而增大其偏差量时，必须计算进去；而在这区域内如多切去材料形成的偏差值，其偏差可予以增大。

齿廓修形也表现为偏离了渐开线，但就“设计齿廓”而言，这种情况不能作为偏差来对待。

从齿面法向上测得的齿廓偏差，如果检测仪器未转换成端面值时，则其结果应除以$\cos\beta_b$转换为端面值，方可与规定的偏差值比较。

为了齿轮质量分等，只需检验齿廓总偏差F_α即可。

标准中规定：齿廓偏差应至少测三个齿的两侧齿面，这三个齿应取在沿齿轮圆周三等分位置处。

186. 什么是螺旋线偏差？螺旋线偏差是怎样规定的？

答：螺旋线偏差是指在端面基圆切线方向上测得的实际螺旋线与设计螺旋线之间的差值，如图 200 所示。

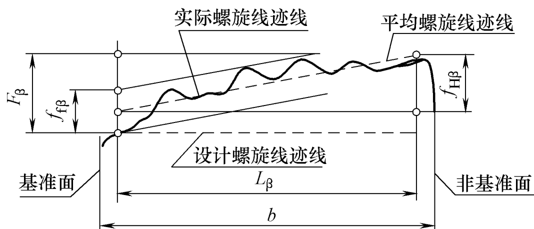


图 200　螺旋线偏差

F_β—螺旋线总偏差　L_β—螺旋线计值范围　$f_{f\beta}$—螺旋线形状偏差

b—齿宽或两端倒角之间的距离　$f_{H\beta}$—螺旋线倾斜偏差

螺旋线迹线长度是沿整个齿宽，但不包括齿端倒角或修圆部分。为此，标准中规定：螺旋线计值范围 L_β 是轮齿两端处各减去 5% 的齿宽或等于一个模数的长度。

设计螺旋线是指符合设计规定的螺旋线。在螺旋线曲线图中，未经修形的螺旋线迹线一般为直线（图 200）。

螺旋线偏差标准中有以下三个评定项目。

（1）螺旋线总偏差 F_β　螺旋线总偏差 F_β 是指在计值范围内，包容实际螺旋线迹线的两条设计螺旋线迹线间的距离图 200）。

国家标准规定了螺旋线总偏差 F_β 值，见表 77。

螺旋线总偏差 F_β 是螺旋线偏差基本评定项目，为了齿轮质量分等，只需检验此项偏差即可。

（2）螺旋线形状偏差 $f_{f\beta}$　螺旋线形状偏差 $f_{f\beta}$ 是指在计值范围内，包容实际螺旋线迹线的两条与平均螺旋线迹线完全相同的曲线间的距离，且两条曲线与平均螺旋线迹线的距离为常数（图 200）。

被测齿面的平均螺旋线是指设计螺旋迹线的纵坐标减去一条斜直线的纵坐标后得到的一条迹线。这条斜直线使得在计值范围内，实际螺旋线迹线对平均螺旋线迹线偏差的平方和最小。平均



表 77　螺旋线总偏差 F_β　　（单位：μm）

分度圆直径 d/mm	齿宽 b/mm	精度等级												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$20<d\leqslant50$	$4\leqslant b\leqslant10$	1.1	1.6	2.2	3.2	4.5	6.5	9.0	13.0	18.0	25.0	36.0	51.0	72.0
	$10<b\leqslant20$	1.3	1.8	2.5	3.6	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0	29.0	40.0	57.0	81.0
	$20<b\leqslant40$	1.4	2.0	2.9	4.1	5.5	8.0	11.0	16.0	23.0	32.0	46.0	65.0	92.0
$50<d\leqslant125$	$4<b\leqslant10$	1.2	1.7	2.4	3.3	4.7	6.5	9.5	13.0	19.0	27.0	38.0	53.0	76.0
	$10<b\leqslant20$	1.3	1.9	2.6	3.7	5.5	7.5	11.0	15.0	21.0	30.0	42.0	60.0	84.0
	$20<b\leqslant40$	1.5	2.1	3.0	4.2	6.0	8.5	12.0	17.0	24.0	34.0	48.0	68.0	95.0
$125<d\leqslant280$	$10<b\leqslant20$	1.4	2.0	2.8	4.0	5.5	8.0	11.0	16.0	22.0	32.0	45.0	63.0	90.0
	$20<b\leqslant40$	1.6	2.2	3.2	4.5	6.5	9.0	13.0	18.0	25.0	36.0	50.0	71.0	101.0
	$40<b\leqslant80$	1.8	2.6	3.6	5.0	7.5	10.0	15.0	21.0	29.0	41.0	58.0	82.0	117.0
	$80<b\leqslant160$	2.2	3.1	4.3	6.0	8.5	12.0	17.0	25.0	35.0	49.0	69.0	98.0	139.0
$280<d\leqslant560$	$20<b\leqslant40$	1.7	2.4	3.4	4.8	6.5	9.5	13.0	19.0	27.0	38.0	54.0	76.0	108.0
	$40<b\leqslant80$	1.9	2.7	3.9	5.5	7.5	11.0	15.0	22.0	31.0	44.0	62.0	87.0	124.0
	$80<b\leqslant160$	2.3	3.2	4.6	6.5	9.0	13.0	18.0	26.0	36.0	52.0	73.0	103.0	146.0
	$160<b\leqslant250$	2.7	3.8	5.5	7.5	11.0	15.0	21.0	30.0	43.0	60.0	85.0	121.0	171.0

螺旋线迹线的位置和倾斜度可以用“最小二乘法”求得。

平均螺旋线是用来确定$f_{f\beta}$和$f_{H\beta}$的一条辅助螺旋线。

国家标准在附录中给出螺旋线形状偏差$f_{f\beta}$值计算公式（表72）。标准中规定：螺旋线形状偏差$f_{f\beta}$可根据需要，有时作为有用的参数和评定值，但不是必检项目。

（3）螺旋线倾斜偏差$f_{H\beta}$　螺旋线倾斜偏差$f_{H\beta}$是指在计值范围的两端与平均螺旋线迹线相交的设计螺旋线迹线间的距离（图200）。

国家标准在附录中给出了螺旋线倾斜偏差$f_{H\beta}$值计算式（表72）。同样标准中规定螺旋线倾斜偏差不是必检项目。

187. 怎样检测螺旋线偏差？

答：螺旋线偏差是由螺旋线检验设备直接画出螺旋线偏差曲线。根据测得曲线来评定螺旋线偏差。

螺旋线计值范围L_β等于迹线长度两端各减去5%的迹线长度，但减去量不超过1个模数m。该减去量应用在有些加工的条件所引起的非有意的少量端部减薄不计入偏差量的评定中。在评定螺旋线总偏差F_β和螺旋线形状偏差$f_{f\beta}$时，若在5%区域内有多余的材料而增加的偏差必须考虑进去；而在该区域内如多切去金属而形成的偏差值，其偏差可予增大。

在设计中采用螺旋线修形，在偏差图上也表现为与直线的偏离，但这种情况不能作为“设计螺旋线”的偏差来对待。

从齿面法向上测得螺旋线偏差，如果未由检测仪转换成端面值时，则其结果应除以$\cos\beta_b$转换为端面上的相应值。由此所得值可以与给定的偏差比较。

为子齿轮质量分等，只需检验螺旋线总偏差F_β即可。

标准中规定：螺旋线偏差应至少测三个齿的两个侧面，这三个齿应取在沿齿轮圆周三等分位置处。

188. 什么是切向综合偏差？切向综合偏差是怎样规定的？

答：切向综合偏差是指被测齿轮与测量齿轮单面啮合检验时，齿轮分度圆上实际圆周位移与理论圆周位移的最大差值，如



图 201 所示。

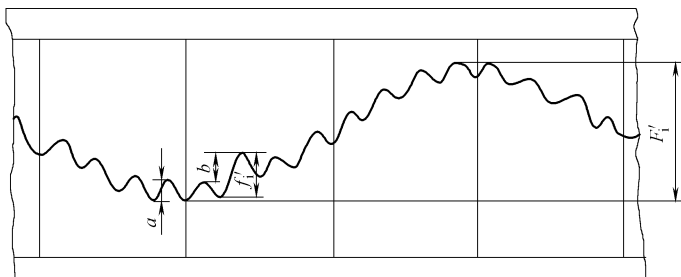


图 201　直齿圆柱齿轮切向综合偏差图

f'_i—一齿切向综合偏差（最大值）　F'_i—切向综合总偏差

a—主要由齿廓偏差影响造成的偏差　b—单个齿距偏差成分

切向综合偏差规定有以下两个评定项目。

（1）切向综合总偏差 F'_i　切向综合总偏差 F'_i是指在被测齿轮一转内的切向综合偏差。

国家标准规定切向综合总偏差不是必检项目，故仅在附录中给出了计算式。

国家标准规定切向综合总偏差 F'_i按下式计算，即

$$F'_i = F_p + f'_i$$

式中　F_p——齿距累积总偏差（表 74）；

f'_i——一齿切向综合偏差（表 78）。

（2）一齿切向综合偏差 f'_i　一齿切向综合偏差 f'_i是指在一个齿距内的切向综合偏差（图 201）。

国家标准规定一齿切向综合偏差按下式计算，即

$$f'_i = K(4.3 + f_{pt} + F_\alpha)$$
$$= K(9 + 0.3m + 3.2\sqrt{m} + 0.34\sqrt{d})$$

上式中，当 $\varepsilon_r < 4$ 时，$K = 0.2\left(\frac{\varepsilon_r + 4}{\varepsilon_r}\right)$；当 $\varepsilon_r \geqslant 4$ 时，$K = 0.4$；ε_r 为总重合度。

为了便于计算，标准附录中给出 f'_1/K 的比值，见表 78。



表 78 f_i'/K 的比值 （单位：μm）

分度圆直径 d/mm	模数 m/mm	精度等级												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$20<d\leqslant50$	$0.5<m\leqslant2$	2.5	3.6	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0	29.0	41.0	58.0	82.0	115.0	163.0
	$2<m\leqslant3.5$	3.0	4.2	6.0	8.5	12.0	17.0	24.0	34.0	48.0	68.0	96.0	135.0	191.0
	$3.5<m\leqslant6$	3.4	4.8	7.0	9.5	14.0	19.0	27.0	38.0	54.0	77.0	108.0	153.0	217.0
$50<d\leqslant125$	$2<m\leqslant3.5$	3.2	4.5	6.5	9.0	13.0	18.0	25.0	36.0	51.0	72.0	102.0	144.0	204.0
	$3.5<m\leqslant6$	3.6	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0	29.0	40.0	57.0	81.0	115.0	162.0	229.0
	$6<m\leqslant10$	4.1	6.0	8.0	12.0	16.0	23.0	33.0	47.0	66.0	93.0	132.0	186.0	263.0
$125<d\leqslant280$	$2<m\leqslant3.5$	3.5	4.9	7.0	10.0	14.0	20.0	28.0	39.0	56.0	79.0	111.0	157.0	222.0
	$3.5<m\leqslant6$	3.9	5.5	7.5	11.0	15.0	22.0	31.0	44.0	62.0	88.0	124.0	175.0	247.0
	$6<m\leqslant10$	4.4	6.0	9.0	12.0	18.0	25.0	35.0	50.0	70.0	100.0	141.0	199.0	281.0
	$10<m\leqslant16$	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0	29.0	41.0	58.0	82.0	115.0	163.0	231.0	326.0
$280<d\leqslant560$	$2<m\leqslant3.5$	3.8	5.5	7.5	11.0	15.0	22.0	31.0	44.0	62.0	87.0	123.0	174.0	246.0
	$3.5<m\leqslant6$	4.2	6.0	8.5	12.0	17.0	24.0	34.0	48.0	68.0	96.0	136.0	192.0	271.0
	$6<m\leqslant10$	4.8	6.5	9.5	13.0	19.0	27.0	38.0	54.0	76.0	108.0	153.0	216.0	305.0
	$10<m\leqslant16$	5.5	7.5	11.0	15.0	22.0	31.0	44.0	62.0	88.0	124.0	175.0	248.0	350.0



由表 78 中查得值乘以 K 便可求得相应的一齿切向综合公差。

189. 怎样检测切向综合偏差？

答： 齿轮的切向综合偏差可用单啮仪进行检测，如图 202 所示。

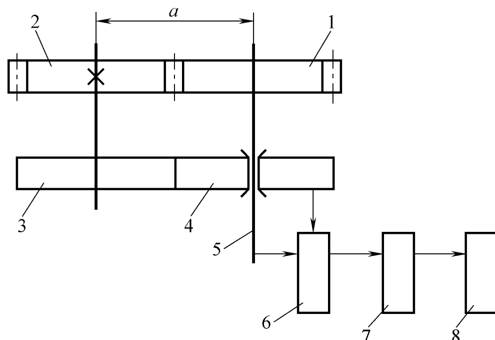


图 202　单啮仪测量原理

1—被测齿轮　2—测量齿轮　3、4—摩擦圆盘　5—轴
6—传感器　7—放大器　8—记录器

单啮仪是一种比较测量装置。该装置能实现或模拟均匀的运动传递，其被测基准为被测齿轮的轴线。被测齿轮 1 与作为测量基准的测量齿轮 2 在公称中心距 a 下形成单面啮合的实际传动。它们分别与直径等于齿轮 1 与 2 的分度圆直径的摩擦圆盘 3 与 4 同轴安装，两摩擦圆盘间形成纯滚动的标准传动。

当转动被测齿轮 1 时，测量齿轮及两摩擦圆盘被驱动同时转动。若被测齿轮没有偏差，则轴 5 与摩擦圆盘 4 同步回转；若被测齿轮有偏差，则轴 5 与摩擦圆盘 4 间的回转不同步，即在单位时间内两者的转角不同，其相位差由传感器 6 反应，并经放大器 7 传至记录器 8 记录下来偏差曲线，如图 201 所示，即为被测齿轮在一转范围内单啮齿距累积偏差曲线。

检测时将被测齿轮与测量齿轮以适当的中心距相啮合并旋转，在一组同侧齿面相接触的状态下旋转直到获得一整圈的偏差曲线。

检测时，应施加很轻的负载和很低的角速度，以保证齿面间的接触所产生的记录曲线，能反映出一对齿轮轮齿要素偏差（即齿廓、螺旋线和齿距）的综合影响。

检测时可采用下列几种齿轮组合。

1）一个产品（被测）齿轮和一个测量齿轮。

2）一对相配的产品齿轮。

应当指出，测量齿轮的精度将影响检测的结果。如采用 1）的组合时，测量齿轮的精度比被测齿轮的精度至少高 4 级时，则测量齿轮的不精确性可忽略不计；如果测量齿轮精度达不到上述要求时，则测量齿轮的不精确性必须考虑进去。

被测齿轮转一周后，便可测得切向综合偏差曲线（图 201）。在被测齿轮一整圈范围内圆周位移（在分度圆上）的最大差值 F_i' 即为其切向综合总偏差；在一齿距范围内的最大差值即为一齿切向综合偏差 f_i'。

若采用 2）的组合时，涉及两个产品齿轮所产生的偏差（F_i' 和 f_i'），称为“齿轮副的传动偏差”。为了完全确定完整的偏差图谱，必须继续旋转，直至两个齿轮的旋转数分别等于另一相配齿轮齿数的最大公因数除所得的数，用这种方法确定的旋转数符合齿轮副的完整啮合周期。形成的偏差曲线图反映出齿轮副中两个齿轮的轮齿要素各个分量，如果要检测出单个齿轮的偏差必须对数据进行适当处理（详见 GB/Z 18620.1—2008）。

190. 什么是径向综合偏差？径向综合偏差是怎样规定的？

答： 径向综合偏差是指产品齿轮的左右齿面同时与测量齿轮接触，并转动一圈时，其中心距的变动量，如图 203 所示。

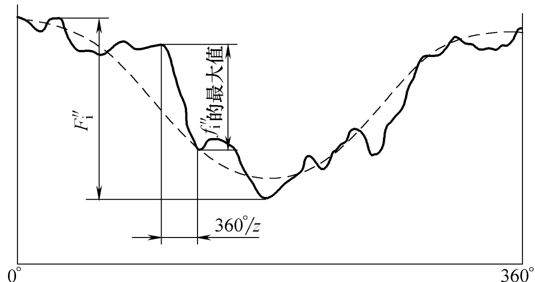


图 203　径向综合偏差



径向综合偏差规定有以下两个评定项目。

（1）径向综合总偏差 F''_i　径向综合总偏差 F''_i是指产品齿轮的左右齿面同时与测量齿轮接触，并转过一整圈时出现的中心距最大值和最小值之差（图 203）。

国家标准规定了径向综合总偏差 F''_i值（表 79）及其计算式（见表 72）。

（2）一齿径向综合偏差 f''_i　一齿径向综合偏差 f''_i是指当产品齿轮的左右齿面同时与测量齿轮接触，并转过一整圈时，对应一个齿距（360°/z）的径向综合偏差值。

一齿径向综合偏差可反映出齿廓偏差（常为齿廓倾斜偏差）。当出现一个很大的个别的一齿径向综合偏差时，表示有一个大的齿距偏差或受损轮齿。

国家标准规定了一齿径向综合偏差 f''_i值（表 80）及其计算式（表72）。

191. 怎样检测齿轮的径向综合偏差?

答: 齿轮的径向综合偏差通常采用双啮仪进行检测，如图 204所示。

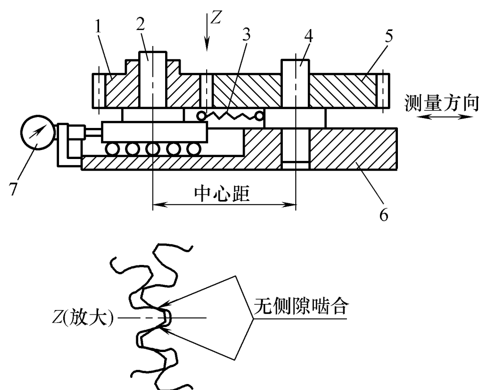


图 204　测量径向综合偏差的原理

1—测量齿轮　2—带滑道轴　3—弹簧　4—固定轴

5—被测齿轮　6—机座　7—指示器



表 79 径向综合总偏差 F''_i （单位：μm）

分度圆直径 d/mm	法向模数 m_n/mm	精度等级								
		4	5	6	7	8	9	10	11	12
$20 < d \leqslant 50$	$1.5 < m_n \leqslant 2.5$	13	18	26	37	52	73	103	146	207
	$2.5 < m_n \leqslant 4.0$	16	22	31	44	63	89	126	178	251
	$4.0 < m_n \leqslant 6.0$	20	28	39	56	79	111	157	222	314
$50 < d \leqslant 125$	$1.5 < m_n \leqslant 2.5$	15	22	31	43	61	86	122	173	244
	$2.5 < m_n \leqslant 4.0$	18	25	36	51	72	102	144	204	288
	$4.0 < m_n \leqslant 6.0$	22	31	44	62	88	124	176	248	351
$125 < d \leqslant 280$	$1.5 < m_n \leqslant 2.5$	19	26	37	53	75	106	149	211	299
	$2.5 < m_n \leqslant 4.0$	21	30	43	61	86	121	172	243	343
	$4.0 < m_n \leqslant 6.0$	25	36	51	72	102	144	203	287	406
	$6.0 < m_n \leqslant 10$	32	45	64	90	127	180	255	360	509
$280 < d \leqslant 560$	$1.5 < m_n \leqslant 2.5$	23	33	46	65	92	131	185	262	370
	$2.5 < m_n \leqslant 4.0$	26	37	52	73	104	146	207	293	414
	$4.0 < m_n \leqslant 6.0$	30	42	60	84	119	169	239	337	477
	$6.0 < m_n \leqslant 10$	36	51	73	103	145	205	290	410	580

表 80　一齿径向综合偏差 f''_i　（单位：μm）

分度圆直径 d/mm	法向模数 m_n/mm	精度等级								
		4	5	6	7	8	9	10	11	12
$20 < d \leqslant 50$	$1.5 < m_n \leqslant 2.5$	4.5	6.5	9.5	13	19	26	37	53	75
	$2.5 < m_n \leqslant 4.0$	7.0	10	14	20	29	41	58	82	116
	$4.0 < m_n \leqslant 6.0$	11	15	22	31	43	61	87	123	174
$50 < d \leqslant 125$	$1.5 < m_n \leqslant 2.5$	4.5	6.5	9.5	13	19	26	37	53	75
	$2.5 < m_n \leqslant 4.0$	7.0	10	14	20	29	41	58	82	116
	$4.0 < m_n \leqslant 6.0$	11	15	22	31	44	62	87	123	174
$125 < d \leqslant 280$	$1.5 < m_n \leqslant 2.5$	4.5	6.5	9.5	13	19	27	38	53	75
	$2.5 < m_n \leqslant 4.0$	7.5	10	15	21	29	41	58	82	116
	$4.0 < m_n \leqslant 6.0$	11	15	22	31	44	62	87	124	175
	$6.0 < m_n \leqslant 10$	17	24	34	48	67	95	135	191	270
$280 < d \leqslant 560$	$1.5 < m_n \leqslant 2.5$	5.0	6.5	9.5	13	19	27	38	54	76
	$2.5 < m_n \leqslant 4.0$	7.5	10	15	21	29	41	59	83	117
	$4.0 < m_n \leqslant 6.0$	11	15	22	31	44	62	88	124	175
	$6.0 < m_n \leqslant 10$	17	24	34	48	68	96	135	191	271



检测时，将被测齿轮 5 装在固定轴 4 上，测量齿轮 1 装在带滑道轴 2 上。该滑道带有弹簧 3，使两齿轮在径向能紧密地啮合。使被测齿轮转动一周，在旋转过程中通过指示器 7 测出中心距的变动量，绘出中心距变动曲线（图 203）。

检测时要用一个测量齿轮对被测齿轮进行检测，测量齿轮需要做得很精确，使其对径向综合偏差的影响可忽略不计。

从记录下来的线图上可以确定：在被测齿轮旋转一整周内，中心距最大的变动量即为其径向综合总偏差 F_i''；在一个齿距内中心距的变动量为一齿径向综合偏差 f_i''。

采用上述方法检测径向综合偏差时，应十分重视测量齿轮的精度，特别是它与产品（被测）齿轮啮合的压力角，将会影响测量结果。测量齿轮应有足够的啮合深度，使其能与产品齿轮的有效齿廓相接触，但不应与非有效部分或根部相接触，避免产生这种接触的办法是将测量齿轮的齿厚增厚到足以补偿产品齿轮的侧隙公差。

对直齿圆柱齿轮所规定的偏差值可用来确定精度等级，但对斜齿轮其测量齿轮的齿宽应该设计得使其与产品齿轮的纵向重合度等于或小于 0.5，否则会影响测量结果。齿廓偏差对直齿轮影响很明显，但对斜齿轮由于多个齿和对角线的存在，将会被隐蔽起来。

径向综合偏差包含了左、右两侧齿面综合偏差的成分，不可能依此确定同侧齿面的单向偏差，但它可提供关于生产用机床、工具或产品齿轮装夹而导致的质量方面信息。此检测方法主要用于大批量生产的齿轮及小模数齿轮的检测。

对产品齿轮的装夹和检测方法进行适当的校准后，此测量过程还可用来确定产品齿轮最小侧隙啮合的中心距（详见后述）。此外，对检测需要以最小间隙运行的齿轮功能齿厚的范围，可以很容易地从径向偏差上得到。

192. 什么是齿轮的径向跳动？齿轮的径向跳动偏差是怎样规定的？

答： 齿轮的径向跳动 F_r 是指将一个适当的测头（球形、圆



柱形、砧形）在齿轮旋转时逐齿地置于每个齿槽内时，其相对于齿轮基准轴线间最大和最小径向距离之差，如图 205 所示。检查中，测头应在靠近中部位置与左右齿面相接触。

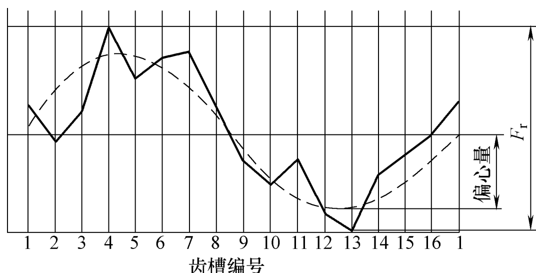


图 205　齿轮的径向跳动

齿轮径向跳动对于需要在最小间隙下运行的齿轮及需控制径向综合偏差的齿轮具有重要作用。但对单侧齿面偏差，因齿轮径向跳动受左右两侧齿面偏差共同影响，其偏差有可能相互抵消，故不能起到控制作用。

国家标准规定了齿轮径向跳动偏差 F_r 值（表 81）并提供了计算式（表 72）。

193. 怎样检测齿轮径向跳动偏差？

答：齿轮径向跳动偏差的检测方法比较简单，如图 206 所示。

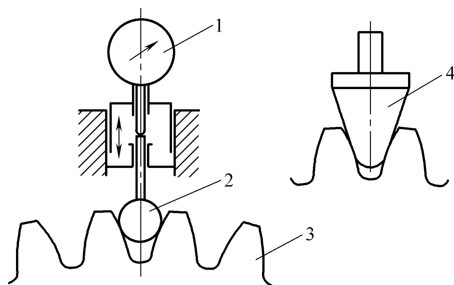


图 206　齿轮径向跳动检测

1—指示器　2—测头（球或圆柱）　3—被测齿轮　4—侧头（砧）



表 81　径向跳动偏差 F_r　　（单位：μm）

分度圆直径 d/mm	法向模数 m_n/mm	精度等级												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$20 < d \leqslant 50$	$0.5 < m_n \leqslant 2.0$	2.0	3.0	4.0	5.5	8.0	11	16	23	32	46	65	92	130
	$2.0 < m_n \leqslant 3.5$	2.0	3.0	4.0	6.0	8.5	12	17	24	34	47	67	95	134
	$3.5 < m_n \leqslant 6.0$	2.0	3.0	4.5	6.0	8.5	12	17	25	35	49	70	99	139
$50 < d \leqslant 125$	$0.5 < m_n \leqslant 2.0$	2.5	3.5	5.0	7.5	10	15	21	29	42	59	83	118	167
	$2.0 < m_n \leqslant 3.5$	2.5	4.0	5.5	7.5	11	15	21	30	43	61	86	121	171
	$3.5 < m_n \leqslant 6.0$	3.0	4.0	5.5	8.0	11	16	22	31	44	62	88	125	176
$125 < d \leqslant 280$	$2.0 < m_n \leqslant 3.5$	3.5	5.0	7.0	10	14	20	28	40	56	80	113	159	225
	$3.5 < m_n \leqslant 6.0$	3.5	5.0	7.0	10	14	20	29	41	58	82	115	163	231
	$6.0 < m_n \leqslant 10$	3.5	5.5	7.5	11	15	21	30	42	60	85	120	169	239
	$10 < m_n \leqslant 16$	4.0	5.5	8.0	11	16	22	32	45	63	89	126	179	252
$280 < d \leqslant 560$	$2.0 < m_n \leqslant 3.5$	4.5	6.5	9.0	13	18	26	37	52	74	105	148	209	296
	$3.5 < m_n \leqslant 6.0$	4.5	6.5	9.5	13	19	27	38	53	75	106	150	213	301
	$6.0 < m_n \leqslant 10$	5.0	7.0	9.5	14	19	27	39	55	77	109	155	219	310
	$10 < m_n \leqslant 16$	5.0	7.0	10	14	20	29	40	57	81	114	161	228	323



测量时应选择一个适当的测头（球、圆柱或砧）在齿轮旋转时逐齿地放置于每个齿槽中，并调整使其与测量直线一致，从指示器 1 上测得相对于一基准零位的径向位置偏差。连续测出所有齿槽的径向位置偏差，绘出径向跳动偏差图（图 205）。图 205 中被测齿轮旋转一周范围内径向位置最大变动量 F_r，即为该被测齿轮的径向跳动偏差。

上述测量用球的直径应选择得其能接触到槽的中间部位，并应置于齿宽的中央；测量用砧的尺寸应选择得使其在齿槽中大致在分度圆位置接触齿面。

上述方法测得结果可直接与表 81 所规定的偏差值比较，确定其径向跳动精度等级。

对于需要在最小间隙下运行的齿轮及用于测量径向综合偏差的测量齿轮来说，控制齿轮的径向跳动是十分重要的。

194. 什么是齿厚偏差？齿厚的极限偏差是怎样规定的？

答：齿厚偏差是指在分度圆柱面上法向平面的公称齿厚 s_n 与实际齿厚 $s_{nactual}$ 之差，如图 207 所示。

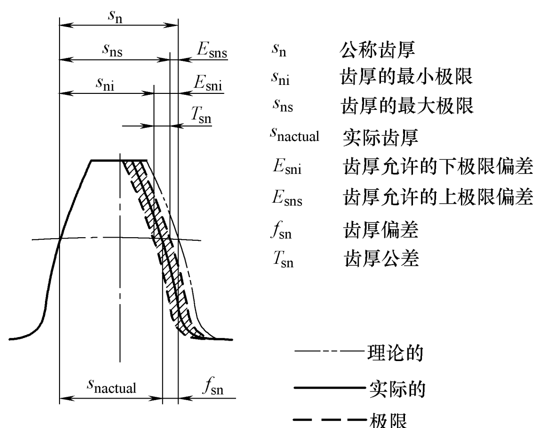


图 207　齿厚偏差

公称齿厚 s_n 是指齿厚的理论值。具有公称齿厚的两齿轮在基本中心距之下呈无侧隙啮合。公称齿厚可用下列公式计算，即

外齿轮　　　　$s_n = m_n\left(\frac{\pi}{2} + 2x\tan\alpha_n\right)$

内齿轮　　　　$s_n = m_n\left(\frac{\pi}{2} - 2x\tan\alpha_n\right)$

式中　m_n——法向模数（mm）；

α_n——法向压力角（°）；

x——齿廓变位系数。

对于 x 等于零的齿轮，其公称齿厚等于分度圆上齿距的一半。

实际齿厚 $s_{nactual}$ 是指通过测量确定的齿厚。

为保证齿轮工作中保持合理间隙，通常要给出齿厚极限偏差。齿厚的上极限偏差 E_{sns} 和下极限偏差 E_{sni} 统称为齿厚的极限偏差，即（图 207）

上极限偏差　$E_{sns} = s_{ns} - s_n$

下极限偏差　$E_{sni} = s_{ni} - s_n$

齿厚公差是指齿厚上极限偏差与下极限偏差之代数差，即

$$T_{sn} = E_{sns} - E_{sni}$$

齿厚的极限偏差是由设计人员按其使用情况选定的，标准中没有给出规定值。选定齿厚极限偏差的原则如下。

1）齿厚的极限偏差和公差值的选择基本上与齿轮精度无关。

2）齿厚的上极限偏差 E_{sns}（即最大齿厚状态）的确定是假定齿轮在最小中心距时与一个理想的相配齿轮啮合，能存在所需的最小间隙。因齿厚偏差均为负值，即使其从理想齿厚减小，从而增加了侧隙。

3）齿厚公差 T_{sn} 的选择基本上与齿轮的精度无关，有多数情况下，允许用较宽的齿厚公差，这样做不会影响齿轮的性能和承载力，却可以获得较经济的制造成本。如果由于工作运行的需要必须控制最大侧隙时，可根据其要求选定齿厚公差。必须注意太小的齿厚公差对制造成本和保持轮齿的精度都是不利的，因为它在制造过程中不必要的限制了校正的可能性。

4）齿厚下极限偏差 E_{sni} 是在上述齿厚的上极限偏差 E_{sns} 和



公差 T_{sn} 确定后，由下式计算得

$$E_{sni}=E_{sns}-T_{sn}$$

195. 怎样检测齿厚偏差？

答： 控制相配齿轮的齿厚是十分重要的，以保证它们在规定的侧隙下运行。

实际齿轮的齿厚通常采用齿厚游标卡尺或光学测齿卡尺进行检测，如图 208 所示。测量时以齿顶圆作为基准来测量分度圆齿厚。标准圆柱齿轮的分度圆齿厚 s 和弦齿高 h 按下式计算

$$s=mz\sin\frac{\pi}{2z}$$

$$h=r_a-\frac{\pi z}{2}\cos\frac{\pi}{2z}$$

式中　m——被测齿轮模数（mm）；

z——被测齿轮齿数；

r_a——被测齿轮齿顶圆半径 $\left(r_a=\frac{m(z+2)}{2}\right)$（mm）。

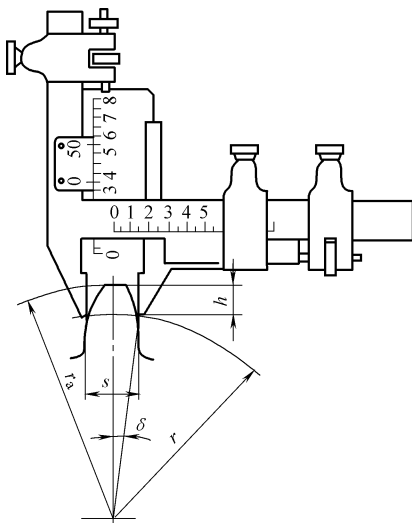


图 208　用齿厚游标卡尺测齿厚

测量时先按计算得 h 值调好垂直游标尺的位置，然后将其置于一齿顶部，用水平游标尺直接测得该被测齿分度圆齿厚。

该检测方法的优点是可以用一个手持的量具进行测量，使用检测极为方便。

上述检测方法测量齿厚也有其局限性，由于齿厚卡尺的两个量爪与齿面只是在其顶尖角处接触，而不是在其平面接触，故测量必须要有经验的操作者进行。此外，由于齿顶圆柱面的精确度和同心度的不确定性，以及测量标尺的分辨率较低，使测量可靠性差。

如有必要可采用更可靠的公法线长度、圆柱销或球测量法来代替此法（详见 GB/Z 18620.2—2008）。

196. 什么是侧隙？怎样给定极限侧隙？

答： 齿轮副是指一对装在传动轴上进行工作的齿轮。侧隙是指两个相配齿轮的工作面相接触时，在两个非工作齿面之间形成的间隙，如图 209 所示。

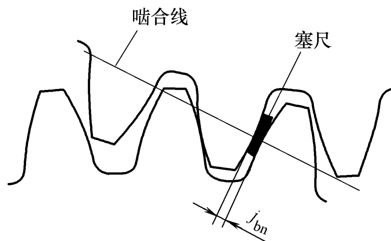


图 209　侧隙

在齿轮副实际传动中，必须保证始终呈单啮工作状态，即工作面必须保持接触，以实现传递运动和转矩；而非工作齿面之间，则必须留有一定的间隙，以便存润滑油，补偿热变形和齿轮安装误差的影响，保证其无障碍运转。

影响配合的齿轮副要素主要是小齿轮的齿厚 s_1、大齿轮的齿厚 s_2 和箱体的轴中心距。除此之外，还受到齿轮的形状和位置偏差以及轴线的平行度的影响。

齿轮在静态条件下安装于箱体内所测得的侧隙称为装配侧隙；而在稳定的工作状态下的侧隙称为工作侧隙。同一组齿轮副这两种侧隙值是不相同的。因工作过程中受温度、载荷影响，使装配侧隙发生变化。



所有相啮的齿轮必须具有一定的侧隙，从而保证其在工作运转时非工作齿面不会相互接触。侧隙在运行中由于受速度、温度、负载的变动而发生变化。因而，在静态可测量的条件下，必须有足够的侧隙，以保证在带负载运行不利的条件下，仍能保持足够的侧隙。

侧隙的给定值是由设计人员按其使用情况选定的，其值均在分度圆上垂直于齿线方向来规定和测量（图 209）。

侧隙需要的量与齿轮大小、精度、安装和应用情况有关。

1）最小侧隙 j_{bnmin}。最小侧隙是指两个齿轮的齿均以最大允许实效齿厚相配，且在允许的最紧的中心距相啮合时，在静态条件下存在的最小允许侧隙，即通常所说设计者给定的“允许侧隙”。

齿轮的实效齿厚是指测量所得的齿厚加上轮齿各要素偏差及安装所产生的综合影响的量。

给定最小侧隙时应考虑下列因素的影响。

① 箱体、轴和轴承的偏斜。

② 由于箱体的偏差和轴承的间隙导致齿轮轴线的不同轴。

③ 轴承径向圆跳动误差。

④ 温度影响（箱体与齿轮的温度差、中心距和材料差异所致）。

⑤ 旋转零件离心胀大。

⑥ 其他因素，如由于润滑剂的允许污染及非金属齿轮材料的溶胀。

国家标准中给出了对工业传动装置推荐的最小侧隙，见表 82。表 82 中给出的最小侧隙值是对用黑色金属制造的齿轮和箱体，工作时节圆速度小于 15m/s，其箱体、轴和轴承在规定的公差范围内条件下的要求。

2）最大侧隙 j_{bnmax}。最大侧隙是指相啮合两齿轮的齿均按最小齿厚制成，且在最松的允许的中心距（外齿轮指最大的、内齿轮指最小的）条件下啮合，所存在的侧隙。

最大侧隙并不影响传递运动的性能和平稳性。如果必须控制

最大侧隙的话，应对影响最大侧隙的每个要素进行仔细分析，然后选择一个适宜的精度等级。

表82　中、大模数齿轮最小侧隙 j_{bnmin} 的推荐数据

（单位：mm）

m_n	最小中心距 a_i					
	50	100	200	400	800	1600
1.5	0.09	0.11	—	—	—	—
2	0.10	0.12	0.15	—	—	—
3	0.12	0.14	0.17	0.24	—	—
5	—	0.18	0.21	0.28	—	—
8	—	0.24	0.27	0.34	0.47	—
12	—	—	0.35	0.42	0.55	—
18	—	—	—	0.54	0.67	0.94

标准中给出最大侧隙推荐值计算公式

$$j_{wtmax}=P_{wt}-s_{wtmin1}-s_{wtmin2}-(a_{max}-a_{min})2\tan\alpha_{wt}$$

式中　j_{wtmax}——在工作端面处最大侧隙；

P_{wt}——工作节圆齿距，$P_{wt}=\dfrac{2\pi a_{min}}{z_1+z_2}$；

s_{wtmin1}、s_{wtmin2}——工作端面处小、大齿轮最小齿厚；

a_{max}、a_{min}——最大与最小中心距；

α_{wt}——工作端面处压力角。

对于齿轮传动，特别是多级传动，如果规定以最大侧隙作为验收标准时，其最大合格值必须慎重选择，以使总成的每个部分都能有合理的制造公差。

齿轮副的侧隙通常采用塞尺进行检测。在工作端面处侧隙的值，可按下式转换成塞尺测得侧隙

$$j_{bn}=j_{wt}\cos\alpha_{wt}\cos\beta_b$$

式中　j_{bn}——塞尺测得侧隙；

j_{wt}——工作端面侧隙；

α_{wt}——工作端面压力角；

β_b——基础螺旋角。



197. 什么是基准轴线、工作轴线？确定基准轴线的方法有哪些？

答：基准轴线是指用来加工和检验零件确定轮齿几何形状的轴线。它是由设计者在图样上清楚、明确确定的。它是由基准面中心确定的。

工作轴线是指齿轮在工作时绕其旋转的轴线。它是由工作安装面的中心确定的。

为保证齿轮传动正常运行，应尽量选取使基准轴线与工作轴线一致。常用选取基准轴线的方法有以下几种，如图 210 所示。

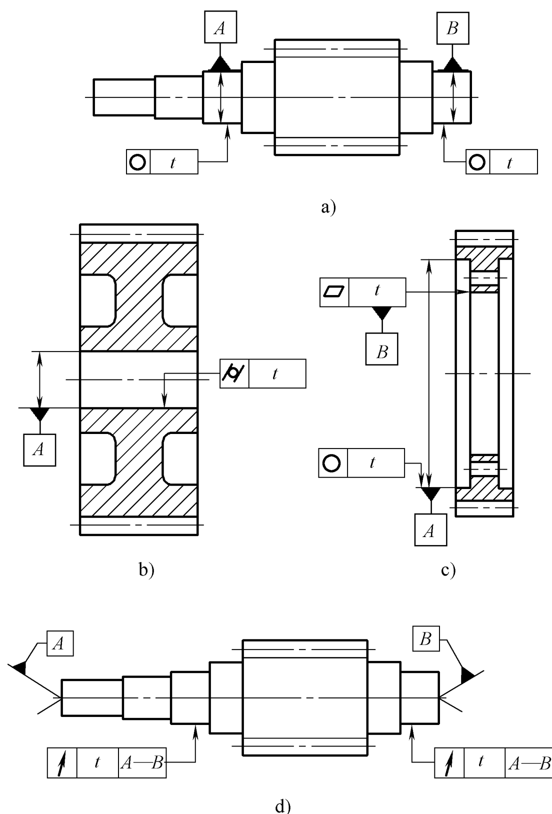


图 210　基准轴线

1）用两个短的圆柱或圆锥形基准面上设定的两个圆的圆心、来确定轴线上的两个点，如图 210a 所示 *A*、*B* 两圆柱基准面。

2）用一个长的圆柱或圆锥形的基准面来同时确定轴线的位置和方向。孔的轴线可以用与之相匹配正确的心轴的轴线来体现。如图 210b 所示，孔 *A* 的基准圆柱面轴线。

3）轴线的位置用一个短的圆柱形基准面上的一个圆的圆心来确定，而其方向则用垂直于此轴线的一个基准端面来确定。如图 210c 所示，以孔 *A* 基准圆柱面上一个圆的圆心定位，以垂直于该圆轴线的基准平面 *B* 确定方向。

4）对与轴做成一体的小齿轮利用两端的两个中心孔确定其基准轴线，如图 210d 所示。该零件加工与检验时将中心孔置于顶尖上来体现基准轴线。

上述第 1、3 种方法，其圆柱或圆锥形基准面必须是轴向很短的，以保证它们自己不会单独确立另一条轴线。在第 3 种方法中，基准端面的直径应越大越好。

作为确定基准轴线的基准面，直接影响着齿轮加工和使用精度。为此对基准面应给出适宜的精度要求，其原则是：基准面的极限值精度应大大紧于单个齿轮的极限值；基准面的相对位置，其跨距占齿轮分度圆直径的比例越大，给定的公差值越松。

标准中给出了基准面的形状公差要求，见表 83。

表 83　基准面与安装面的形状公差

确定轴线的基准面	公差项目		
	圆度	圆柱度	平面度
两个“短的”圆柱或圆锥形基准面	$0.04(L/b)F_\beta$ 或 $0.1F_p$ 取两者中小值		
一个“长的”圆柱或圆锥形基准面		$0.04(L/b)F_\beta$ 或 $0.1F_p$ 取两者中小值	
一个短的圆柱面和一个端面	$0.06F_p$		$0.06(D_d/b)F_\beta$

注：1. 齿轮坯的公差应减至能经济制造的最小值。
2. D_d——基准面直径。



当基准轴线与工作轴线不重合时，则工作安装面相对于基准轴线的跳动必须在图样上予以控制，其跳动公差应不大于表 84 中规定的数值。

表 84　安装面的跳动公差

确定轴线的基准面	跳动量(总的指示幅度)	
	径　　向	轴　　向
圆柱或圆锥形基准面	$0.15(L/b)F_{\beta}$ 或 $0.3F_{\beta}$ 取两者中大值	
一个圆柱基准面一个端面基准面	$0.3F_{\beta}$	$0.2(D_{d}/b)F_{\beta}$

注：1. 齿轮坯的公差应减至能经济制造的最小值。

2. D_{d}——基准面直径。

齿轮在制造和检测过程中，齿轮的安装应使其旋转的实际轴线尽可能与图样上规定的轴线相接近。

除非在制造和检测中用来安装齿轮的安装面就是基准面，否则这些安装面相对于基准轴线的位置必须予以控制。表 84 中所给的数值可作为这些面合适的公差值。为了获得最高的精度，如制造高精度齿轮时，可将跳动“高点”的位置和数值标记在基准面附近，在每一步找正时，可修正其跳动量。

在制作齿轮坯的过程中，要应用精确地膨胀心轴作为齿轮坯的中心定位，要应用适当的夹具以支承齿轮坯使之在限定的跳动量内，还要用高质量的齿轮加工机床。在齿轮加工机床上，齿轮坏的位置只需对一批工件中首件进行检查，以利于大批量加工齿轮。

对于高精度齿轮，必须设置专门的基准面。对于很高精度的齿轮（4 级精度或更高），齿轮加工前需装在工作轴上，此时工作轴可用作基准面。

工作轴线与基准轴线重合时，可直接从工作轴线来规定公差值，此时可直接应用表 84 中的公差。若不是这种情形时，则两者之间存在着公差链，此时就应把表 83 和表 84 中的单项公差数

值适当减小。减小的程度取决于该公差链排列，一般大致与 n 的平方根成正比，其中 n 为公差链中的链节数。

装在齿轮加工机床上的齿轮的位置，在切削前都必须进行校验，是校验每件齿轮坯还是部分进行校验，取决于齿轮加工者的经验。对于中等精度的齿轮，齿顶圆柱面的一部分可用作径向基准面，而轴向位置可用齿轮切削时的安装面进行校验。

198. 什么是中心距和轴线平行度偏差？怎样给定中心距和轴线平行度偏差？

答：中心距偏差和轴线平行度偏差都是对装在传动轴上的齿轮副两轴线间的精度要求，它们直接影响齿轮的啮合精度。

（1）中心距偏差　中心距偏差是指在轴线平面内实际中心距与公称中心距之差，如图211所示。

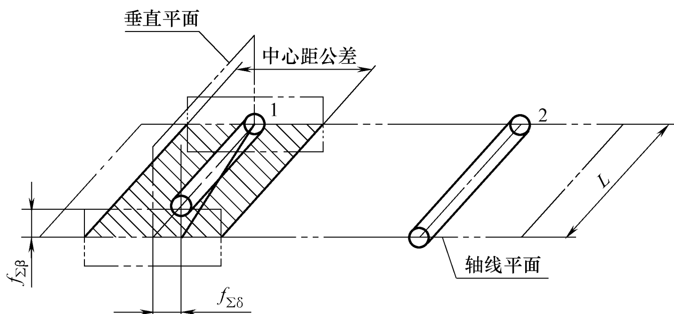


图211　中心距与轴线平行度偏差

公称中心距 a 是设计者通过两齿轮参数计算所得并在图样上注出的理想尺寸。

中心距大小直接影响相啮合齿轮间的侧隙，因此必须进行控制。

在齿轮只是单项承载运转而不经常反转的情况下，最大侧隙的控制不是一个重要考虑因素，此时中心距允许偏差主要取决于重合度的考虑。

对控制运动用的齿轮，其侧隙必需严格控制。当齿轮负荷经



常反向时，中心距偏差更应严格控制。选择中心距偏差时应考虑轴、箱体和轴承的偏斜，安装误差，轴承跳动，温度，旋转件离心伸张等因素的影响。

（2）轴线平行度偏差　轴线平行度偏差是指齿轮副中一轴线相对于另一轴线理想方向的偏移量。由于轴线平行度偏差的影响与其方向有关，为此规定了轴线平面内的平行度偏差$f_{\Sigma\delta}$和垂直平面内的平行度偏差$f_{\Sigma\beta}$，见图 211。

轴线平面内的平行度偏差$f_{\Sigma\delta}$是指在两轴线的公共平面上所测得平行度误差。该公共平面是用两轴承跨距较长一个L轴线和另一根轴上的一个轴承中心点来确定的。

垂直平面内的平行度偏差$f_{\Sigma\beta}$是指垂直于公共平面上所测得的平行度误差。

上述两个方向的平行度误差对齿轮副啮合精度影响大不相同，一定量的垂直平面内的偏差将比同样大小轴线平面内的偏差导致啮合偏差要大 2 ~3 倍。因此，对上述两种不同方向的轴线平行度规定了不同要求。

标准中规定轴线平行度偏差推荐最大值为：

a）垂直平面内偏差$f_{\Sigma\beta}$的推荐最大值为

$$f_{\Sigma\beta}=0.5\left(\frac{L}{b}\right)F_{\beta}$$

b）轴线平面内偏差$f_{\Sigma\beta}$的推荐最大值为

$$f_{\Sigma\beta}=2f_{\Sigma\beta}$$

199. 什么是轮齿接触斑点？对接触斑点有何要求？

答：轮齿接触斑点是指安装好的齿轮副在轻微的制动下，运转后齿面上分布的接触擦亮痕迹。通过轮齿接触斑点可以判断齿长方向配合不准确的程度、波纹度和齿廓不准确性的程度，但它不能代替齿轮精度。图 212 所示为典型接触斑点示意图。图 212a 所示为典型理想接触斑点状况，其齿面接触近似为齿宽b的 80%，有效齿面高度h的 70%，齿端修薄；图 212b 所示表示齿长方向正确，但有齿廓偏差；图 212c 所示为具有波纹度；图

212d 所示该轮齿齿廓正确，但有螺旋线偏差和齿端修薄。

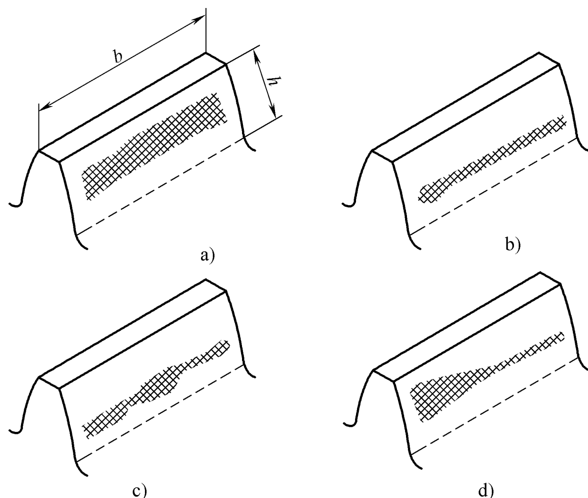


图 212　典型接触斑点示意图

标准中给出齿轮副装配后，其齿轮精度等级与接触斑点之间的关系，见表 85。应当指出：表 85 中仅表明通过直接测量各级精度齿轮副获得的最好接触斑点，它不能证明齿轮的精度等级。

表 85　齿轮装配后的接触斑点

分类	精度等级按 GB/T 10095	b_{C1} 占齿宽的百分比	h_{C1} 占有效齿面高度的百分比	b_{C2} 占齿宽的百分比	h_{C2} 占有效齿面高度的百分比
直齿轮	4 级及更高	50%	70%	40%	50%
	5 和 6 级	45%	50%	35%	30%
	7 和 8 级	35%	50%	35%	30%
	9 ~ 12 级	25%	50%	25%	30%



（续）

分类	精度等级按 GB/T 10095	b_{C1} 占齿宽的百分比	h_{C1} 占有效齿面高度的百分比	b_{C2} 占齿宽的百分比	h_{C2} 占有效齿面高度的百分比
斜齿轮	4 级及更高	50%	50%	40%	30%
	5 和 6 级	45%	40%	35%	20%
	7 和 8 级	35%	40%	35%	20%
	9～12 级	25%	40%	25%	20%

注：对齿廓和螺旋线修形的齿面不适用。

轮齿接触斑点的检验方法是：将准备测试的齿轮用清洗剂彻底清洗干净，然后将小齿轮的三个或更多轮齿齿面上涂一层薄的印痕涂料（红丹或蓝油等），涂层要薄而均匀，再将被测两齿轮按装配位置安装好，测量时可按下述两种方法进行。

1）静态测量。用手转动小齿轮使其有涂料的轮齿和大齿轮相啮合，此时应在大齿轮上施加一个足够的反力矩以保证齿面接触，然后把齿轮反转至原位。上述操作至少在大齿轮三个等距离位置重复做，以显示因摆动或其他周期性误差所产生接触斑点的变异。最后根据被测齿面上印痕接触斑点检测结果与规定斑点做比较。

2）动态测量。给齿轮副一个载荷增量（典型载荷递增量为 5%、25%、50%、75% 和 100%）进行短时间运行后，然后停止，将其接触斑点记录下来。在彻底清洗干净轮齿后，再在下一个载荷增量下重复检测。整个操作过程应至少在三个不同载荷上重复进行。

接触斑点通常以画草图、照片、录像记录下来，或用透明胶带覆盖在接触斑点上，再把粘住接触斑点涂料的胶带撕下来，粘在优质的白卡片上。

200. 齿轮齿面表面粗糙度要求是怎样规定的？

答：齿轮齿面表面粗糙度会影响传动误差，使齿轮噪声加剧；降低弯曲强度和轮齿耐久性，使齿面劣化和轮齿折断；降低表面抗疲劳能力，使齿面产生严重磨损、胶合、擦伤和点蚀等损坏现象，为此，对齿轮轮齿表面应给出合理的表面粗糙度要求。

国家标准给出轮齿表面算术平均偏差 *Ra* 和轮廓的最大高度 *Rz* 的推荐极限值，见表 86。无论是 *Ra* 还是 *Rz* 均可作为评定依

据，但两者不应在同一部分使用。

齿轮轮齿表面粗糙度应标注在分度圆线处。

表86　轮齿表面粗糙度 *Ra* 和 *Rz* 的推荐极限值

（单位：μm）

等级	算术平均偏差 *Ra*			轮廓的最大高度 *Rz*		
	模数/mm					
	$m<6$	$6\leqslant m\leqslant 25$	$m>25$	$m<6$	$6\leqslant m\leqslant 25$	$m>25$
1		0.04			0.025	
2		0.08			0.050	
3		0.16			1.0	
4		0.32			2.0	
5	0.5	0.63	0.80	3.2	4.0	5.0
6	0.8	1.0	1.25	5.0	6.3	8.0
7	1.25	1.6	2.0	8.0	10.0	12.5
8	2.0	2.5	3.2	12.5	16	20
9	3.2	4.0	5.0	20	25	32
10	5.0	6.3	8.0	32	40	50
11	10.0	12.5	16	63	80	100
12	20	25	32	125	160	200

201. 怎样选择齿轮精度等级?

答: 国家标准根据齿轮实际工作要求规定了0~12级共13个精度等级，其中0级精度最高，12级精度最低。

选择齿轮精度等级，必须以齿轮传动的用途、使用条件及对它的技术要求为依据，要考虑齿轮工作时的圆周速度，所传递的功率，工作持续时间，工作规范，对传递运动的准确性、平稳性、振动和噪声的要求等。

选择齿轮精度等级常用以下两种方法。

1）计算法。根据整个齿轮传动的运动误差计算允许的转角误差；齿轮传动的动力学计算以及振动和噪声的指标；强度计算和耐久性要求，确定所需精度等级。

2）类比法。按已有的经验资料，在设计类似的齿轮传动时，可采用相同或近似的精度等级。

0~2级——精度非常高，属于有待发展的精度等级。

3~5级——高精度等级。



6～9 级——中等精度等级。

10～12 级——低精度等级。

例如，7 级精度的应用范围：高速、动力小而需要逆转的齿轮；机床中的进给齿轮；航空齿轮；读数机构齿轮；具有一定速度的减速齿轮。它的圆周速度（m/s）：直齿＜10；斜齿＜15。

202. 齿轮偏差检测要求是什么？

答：国家标准 GB/Z 18620—2008《圆柱齿轮　检验实施规范》提供了齿轮检测方法和测量结果分析，并明确指出：在本标准的限制范围内，使用其以外的技术是不适宜的。

标准中没有规定齿轮偏差的检验组（ISO/TR 10063 圆柱齿轮功能组、检验组、公差组标准尚在制定中）。对于某一精度的齿轮，应满足 GB/T 10095 中规定的所有偏差项目的要求。但根据齿轮各项偏差的性能特点和相互之间关系，标准中又规定了必检项目和非强制项目。

齿廓偏差在 GB/T 10095.1 标准中给出了齿廓总偏差、齿廓形状偏差和齿廓倾斜偏差。同时还在 GB/Z 18620.1 中给出了螺旋线偏差、齿轮鼓度和波度。其中仅以螺旋线总偏差用以评价螺旋线偏差精度等级的必测项目，而其他项目均不是强制性的。但各个项目对提高齿轮承载能力具有一定意义。

为了降低检验成本，在满足齿轮功能需要的前提下，供需双方可经协商选取适宜的检验组来作为评定齿轮的精度依据。表 87 中给出齿轮偏差检验组，可供生产中选用。

表 87　齿轮偏差检验组（仅供参考）

检验组	适用的精度等级	检验项目
1	0～12	齿距累积总偏差、齿廓总偏差、螺旋线总偏差
2		齿距累积总偏差、齿距累积偏差、单个齿距偏差、齿廓总偏差、螺旋线总偏差
3		齿距累积总偏差、单个齿距偏差、齿廓总偏差、螺旋线总偏差
4		切向综合总偏差、一齿切向综合偏差、螺旋线总偏差
5	10～12	单个齿距偏差、径向跳动

附

附录 A　孔的极限偏差

公称尺寸/mm		A				
大于	至	9	10	11	12	13
—	3	+295 +270	+310 +270	+330 +270	+370 +270	+410 +270
3	6	+300 +270	+318 +270	+345 +270	+390 +270	+450 +270
6	10	+316 +280	+338 +280	+370 +280	+430 +280	+500 +280
10	18	+333 +290	+360 +290	+400 +290	+470 +290	+560 +290
18	30	+352 +300	+384 +300	+430 +300	+510 +300	+630 +300
30	40	+372 +310	+410 +310	+470 +310	+560 +310	+700 +310
40	50	+382 +320	+420 +320	+480 +320	+570 +320	+710 +320
50	65	+414 +340	+460 +340	+530 +340	+640 +340	+800 +340
65	80	+434 +360	+480 +360	+550 +360	+660 +360	+820 +360
80	100	+467 +380	+520 +380	+600 +380	+730 +380	+920 +380
100	120	+497 +410	+550 +410	+630 +410	+760 +410	+950 +410
120	140	+560 +460	+620 +460	+710 +460	+860 +460	+1090 +460
140	160	+620 +520	+680 +520	+770 +520	+920 +520	+1150 +520

录

（GB/T 1800. 2—2009）

（单位：μm）

B					
8	9	10	11	12	13
+154 +140	+165 +140	+180 +140	+200 +140	+240 +140	+280 +140
+158 +140	+170 +140	+188 +140	+215 +140	+260 +140	+320 +140
+172 +150	+186 +150	+208 +150	+240 +150	+300 +150	+370 +150
+177 +150	+193 +150	+220 +150	+260 +150	+330 +150	+420 +150
+193 +160	+212 +160	+244 +160	+290 +160	+370 +160	+490 +160
+209 +170	+232 +170	+270 +170	+330 +170	+420 +170	+560 +170
+219 +180	+242 +180	+280 +180	+340 +180	+430 +180	+570 +180
+236 +190	+264 +190	+310 +190	+380 +190	+490 +190	+650 +190
+246 +200	+274 +200	+320 +200	+390 +200	+500 +200	+660 +200
+274 +220	+307 +220	+360 +220	+440 +220	+570 +220	+760 +220
+294 +240	+327 +240	+380 +240	+460 +240	+590 +240	+780 +240
+323 +260	+360 +260	+420 +260	+510 +260	+660 +260	+890 +260
+343 +280	+380 +280	+440 +280	+530 +280	+680 +280	+910 +280

公称尺寸/mm		A				
大于	至	9	10	11	12	13
160	180	+680 +580	+740 +580	+830 +580	+980 +580	+1210 +580
180	200	+775 +660	+845 +660	+950 +660	+1120 +660	+1380 +660
200	225	+855 +740	+925 +740	+1030 +740	+1200 +740	+1460 +740
225	250	+935 +820	+1005 +820	+1110 +820	+1280 +820	+1540 +820
250	280	+1050 +920	+1130 +920	+1240 +920	+1440 +920	+1730 +920
280	315	+1180 +1050	+1260 +1050	+1370 +1050	+1570 +1050	+1860 +1050
315	355	+1340 +1200	+1430 +1200	+1560 +1200	+1770 +1200	+2000 +1200
355	400	+1490 +1350	+1580 +1350	+1710 +1350	+1920 +1350	+2240 +1350
400	450	+1655 +1500	+1750 +1500	+1900 +1500	+2130 +1500	+2470 +1500
450	500	+1805 +1650	+1900 +1650	+2050 +1650	+2280 +1650	+2620 +1650

注:公称尺寸小于 1mm 时,各级的 A 和 B 进均不采用。

公称尺寸/mm		C				
大于	至	8	9	10	11	12
—	3	+74 +60	+85 +60	+100 +60	+120 +60	+160 +60
3	6	+88 +70	+100 +70	+118 +70	+145 +70	+190 +70
6	10	+102 +80	+116 +80	+138 +80	+170 +80	+230 +80
10	18	+122 +95	+138 +95	+165 +95	+205 +95	+275 +95
18	30	+143 +110	+162 +110	+194 +110	+240 +110	+320 +110



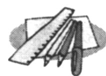
（续）

B					
8	9	10	11	12	13
+373 +310	+410 +310	+470 +310	+560 +310	+710 +310	+940 +310
+412 +340	+455 +340	+525 +340	+630 +340	+800 +340	+1060 +340
+452 +380	+495 +380	+565 +380	+670 +380	+840 +380	+1100 +380
+492 +420	+535 +420	+605 +420	+710 +420	+880 +420	+1140 +420
+561 +480	+610 +480	+690 +480	+800 +480	+1000 +480	+1290 +480
+621 +540	+670 +540	+750 +540	+860 +540	+1060 +540	+1350 +540
+689 +600	+740 +600	+830 +600	+960 +600	+1170 +600	+1490 +600
+769 +680	+820 +680	+910 +680	+1040 +680	+1250 +680	+1570 +680
+857 +760	+915 +760	+1010 +760	+1160 +760	+1390 +760	+1730 +760
+937 +840	+995 +840	+1090 +840	+1240 +840	+1470 +840	+1810 +840

	CD				
13	6	7	8	9	10
+200 +60	+40 +34	+44 +34	+48 +34	+59 +34	+74 +34
+250 +70	+54 +46	+58 +46	+64 +46	+76 +46	+94 +46
+300 +80	+65 +56	+71 +56	+78 +56	+92 +56	+114 +56
+365 +95					
+440 +110					

公称尺寸/mm		C				
大于	至	8	9	10	11	12
30	40	+159 +120	+182 +120	+220 +120	+280 +120	+370 +120
40	50	+169 +130	+192 +130	+230 +130	+290 +130	+380 +130
50	65	+186 +140	+214 +140	+260 +140	+330 +140	+440 +140
65	80	+196 +150	+224 +150	+270 +150	+340 +150	+450 +150
80	100	+224 +170	+257 +170	+310 +170	+390 +170	+520 +170
100	120	+234 +180	+267 +180	+320 +180	+400 +180	+530 +180
120	140	+263 +200	+300 +200	+360 +200	+450 +200	+600 +200
140	160	+273 +210	+310 +210	+370 +210	+460 +210	+610 +210
160	180	+293 +230	+330 +230	+390 +230	+480 +230	+630 +230
180	200	+312 +240	+355 +240	+425 +240	+530 +240	+700 +240
200	225	+332 +260	+375 +260	+445 +260	+550 +260	+720 +260
225	250	+352 +280	+395 +280	+465 +280	+570 +280	+740 +280
250	280	+381 +300	+430 +300	+510 +300	+620 +300	+820 +300
280	315	+411 +330	+460 +330	+540 +330	+650 +330	+850 +330
315	355	+449 +360	+500 +360	+590 +360	+720 +360	+930 +360
355	400	+489 +400	+540 +400	+630 +400	+760 +400	+970 +400
400	450	+537 +440	+595 +440	+690 +440	+840 +440	+1070 +440
450	500	+577 +480	+635 +480	+730 +480	+880 +480	+1110 +480

注：各级的 CD 主要用于精密机械和钟表制造业。



（续）

	CD				
13	6	7	8	9	10
+510 +120					
+520 +130					
+600 +140					
+610 +150					
+710 +170					
+720 +180					
+830 +200					
+840 +210					
+860 +230					
+960 +240					
+980 +260					
+1000 +280					
+1110 +300					
+1140 +330					
+1250 +360					
+1290 +400					
+1410 +440					
+1450 +480					

公称尺寸/mm				
大于	至	6	7	8
—	3	+26 +20	+30 +20	+34 +20
3	6	+38 +30	+42 +30	+48 +30
6	10	+49 +40	+55 +40	+62 +40
10	18	+61 +50	+68 +50	+77 +50
18	30	+78 +65	+86 +65	+98 +65
30	50	+96 +80	+105 +80	+119 +80
50	80	+119 +100	+130 +100	+146 +100
80	120	+142 +120	+155 +120	+174 +120
120	180	+170 +145	+185 +145	+208 +145
180	250	+199 +170	+216 +170	+242 +170
250	315	+222 +190	+242 +190	+271 +190
315	400	+246 +210	+267 +210	+299 +210
400	500	+270 +230	+293 +230	+327 +230
500	630	+304 +260	+330 +260	+370 +260
630	800	+340 +290	+370 +290	+415 +290
800	1000	+376 +320	+410 +320	+460 +320
1000	1250	+416 +350	+455 +350	+515 +350
1250	1600	+468 +390	+515 +390	+585 +390
1600	2000	+522 +430	+580 +430	+660 +430
2000	2500	+590 +480	+655 +480	+760 +480
2500	3150	+655 +520	+730 +520	+850 +520



（续）

D				
9	10	11	12	13
+45 +20	+60 +20	+80 +20	+120 +20	+160 +20
+60 +30	+78 +30	+105 +30	+150 +30	+210 +30
+76 +40	+98 +40	+130 +40	+190 +40	+260 +40
+93 +50	+120 +50	+160 +50	+230 +50	+320 +50
+117 +65	+149 +65	+195 +65	+275 +65	+395 +65
+142 +80	+180 +80	+240 +80	+330 +80	+470 +80
+174 +100	+220 +100	+290 +100	+400 +100	+560 +100
+207 +120	+260 +120	+340 +120	+470 +120	+660 +120
+245 +145	+305 +145	+395 +145	+545 +145	+775 +145
+285 +170	+355 +170	+460 +170	+630 +170	+890 +170
+320 +190	+400 +190	+510 +190	+710 +190	+1000 +190
+350 +210	+440 +210	+570 +210	+780 +210	+1100 +210
+385 +230	+480 +230	+630 +230	+860 +230	+1200 +230
+435 +260	+540 +260	+700 +260	+960 +260	+1360 +260
+490 +290	+610 +290	+790 +290	+1090 +290	+1540 +290
+550 +320	+680 +320	+880 +320	+1220 +320	+1720 +320
+610 +350	+770 +350	+1010 +350	+1400 +350	+2000 +350
+700 +390	+890 +390	+1170 +390	+1640 +390	+2340 +390
+800 +430	+1030 +430	+1350 +430	+1930 +430	+2730 +430
+920 +480	+1180 +480	+1580 +480	+2230 +480	+3280 +480
+1060 +520	+1380 +520	+1870 +520	+2620 +520	+3820 +520

公称尺寸/mm		E					
大于	至	5	6	7	8	9	10
—	3	+18 +14	+20 +14	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+54 +14
3	6	+25 +20	+28 +20	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+68 +20
6	10	+31 +25	+34 +25	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+83 +25
10	18	+40 +32	+43 +32	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+102 +32
18	30	+49 +40	+53 +40	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+124 +40
30	50	+61 +50	+66 +50	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+150 +50
50	80	+73 +60	+79 +60	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+180 +60
80	120	+87 +72	+94 +72	+107 +72	+125 +72	+159 +72	+212 +72
120	180	+103 +85	+110 +85	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+245 +85
180	250	+120 +100	+129 +100	+146 +100	+172 +100	+215 +100	+285 +100
250	315	+133 +110	+142 +110	+162 +110	+191 +110	+240 +110	+320 +110
315	400	+150 +125	+161 +125	+182 +125	+214 +125	+265 +125	+355 +125
400	500	+162 +135	+175 +135	+198 +135	+232 +135	+290 +135	+385 +135
500	630		+189 +145	+215 +145	+255 +145	+320 +145	+425 +145
630	800		+210 +160	+240 +160	+285 +160	+360 +160	+480 +160
800	1000		+226 +170	+260 +170	+310 +170	+400 +170	+530 +170
1000	1250		+261 +195	+300 +195	+360 +195	+455 +195	+615 +195
1250	1600		+298 +220	+345 +220	+415 +220	+530 +220	+720 +220
1600	2000		+332 +240	+390 +240	+470 +240	+610 +240	+840 +240
2000	2500		+370 +260	+435 +260	+540 +260	+700 +260	+960 +260
2500	3150		+425 +290	+500 +290	+620 +290	+830 +290	+1150 +290

注:各级的 EF 主要用于精密机械和钟表制造业。

（续）

EF							
3	4	5	6	7	8	9	10
+12 +10	+13 +10	+14 +10	+16 +10	+20 +10	+24 +10	+35 +10	+50 +10
+16.5 +14	+18 +14	+19 +14	+22 +14	+26 +14	+32 +14	+44 +14	+62 +14
+20.5 +18	+22 +18	+24 +18	+27 +18	+33 +18	+40 +18	+54 +18	+76 +18

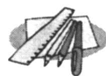
公称尺寸/mm		F						
大于	至	3	4	5	6	7	8	9
—	3	+8 +6	+9 +6	+10 +6	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+31 +6
3	6	+12.5 +10	+14 +10	+15 +10	+18 +10	+22 +10	+28 +10	+40 +10
6	10	+15.5 +13	+17 +13	+19 +13	+22 +13	+28 +13	+35 +13	+49 +13
10	18	+19 +16	+21 +16	+24 +16	+27 +16	+34 +16	+43 +16	+59 +16
18	30	+24 +20	+26 +20	+29 +20	+33 +20	+41 +20	+53 +20	+72 +20
30	50	+29 +25	+32 +25	+36 +25	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+87 +25
50	80			+43 +30	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+104 +30
80	120			+51 +36	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+123 +36
120	180			+61 +43	+68 +43	+83 +43	+106 +43	+143 +43
180	250			+70 +50	+79 +50	+96 +50	+122 +50	+165 +50
250	315			+79 +56	+88 +56	+108 +56	+137 +56	+186 +56
315	400			+87 +62	+98 +62	+119 +62	+151 +62	+202 +62
400	500			+95 +68	+108 +68	+131 +68	+165 +68	+223 +68
500	630				+120 +76	+146 +76	+186 +76	+251 +76
630	800				+130 +80	+160 +80	+205 +80	+280 +80
800	1000				+142 +86	+176 +86	+226 +86	+316 +86
1000	1250				+164 +98	+203 +98	+263 +98	+358 +98
1250	1600				+188 +110	+235 +110	+305 +110	+420 +110
1600	2000				+212 +120	+270 +120	+350 +120	+490 +120
2000	2500				+240 +130	+305 +130	+410 +130	+570 +130
2500	3150				+280 +145	+355 +145	+475 +145	+685 +145

注：各级的FG主要用于精密机械和钟表制造业。

（续）

	FG							
10	3	4	5	6	7	8	9	10
+46 +6	+6 +4	+7 +4	+8 +4	+10 +4	+14 +4	+18 +4	+29 +4	+44 +4
+58 +10	+8.5 +6	+10 +6	+11 +6	+14 +6	+18 +6	+24 +6	+36 +6	+54 +6
+71 +13	+10.5 +8	+12 +8	+14 +8	+17 +8	+23 +8	+30 +8	+44 +8	+66 +8
+86 +16								
+104 +20								
+125 +25								

公称尺寸/mm				
大于	至	3	4	5
—	3	+4 +2	+5 +2	+6 +2
3	6	+6.5 +4	+8 +4	+9 +4
6	10	+7.5 +5	+9 +5	+11 +5
10	18	+9 +6	+11 +6	+14 +6
18	30	+11 +7	+13 +7	+16 +7
30	50	+13 +9	+16 +9	+20 +9
50	80			+23 +10
80	120			+27 +12
120	180			+32 +14
180	250			+35 +15
250	315			+40 +17
315	400			+43 +18
400	500			+47 +20
500	630			
630	800			
800	1000			
1000	1250			
1250	1600			
1600	2000			
2000	2500			
2500	3150			



（续）

G				
6	7	8	9	10
+8 +2	+12 +2	+16 +2	+27 +2	+42 +2
+12 +4	+16 +4	+22 +4	+34 +4	+52 +4
+14 +5	+20 +5	+27 +5	+41 +5	+63 +5
+17 +6	+24 +6	+33 +6	+49 +6	+76 +6
+20 +7	+28 +7	+40 +7	+59 +7	+91 +7
+25 +9	+34 +9	+48 +9	+71 +9	+109 +9
+29 +10	+40 +10	+56 +10		
+34 +12	+47 +12	+66 +12		
+39 +14	+54 +14	+77 +14		
+44 +15	+61 +15	+87 +15		
+49 +17	+69 +17	+98 +17		
+54 +18	+75 +18	+107 +18		
+60 +20	+83 +20	+117 +20		
+66 +22	+92 +22	+132 +22		
+74 +24	+104 +24	+149 +24		
+82 +26	+116 +26	+166 +26		
+94 +28	+133 +28	+193 +28		
+108 +30	+155 +30	+225 +30		
+124 +32	+182 +32	+262 +32		
+144 +34	+209 +34	+314 +34		
+173 +38	+248 +38	+368 +38		

公称尺寸/mm				
大于	至	1	2	3
—	3	+0.8 0	+1.2 0	+2 0
3	6	+1 0	+1.5 0	+2.5 0
6	10	+1 0	+1.5 0	+2.5 0
10	18	+1.2 0	+2 0	+3 0
18	30	+1.5 0	+2.5 0	+4 0
30	50	+1.5 0	+2.5 0	+4 0
50	80	+2 0	+3 0	+5 0
80	120	+2.5 0	+4 0	+6 0
120	180	+3.5 0	+5 0	+8 0
180	250	+4.5 0	+7 0	+10 0
250	315	+6 0	+8 0	+12 0
315	400	+7 0	+9 0	+13 0
400	500	+8 0	+10 0	+15 0
500	630	+9 0	+11 0	+16 0
630	800	+10 0	+13 0	+18 0
800	1000	+11 0	+15 0	+21 0
1000	1250	+13 0	+18 0	+24 0
1250	1600	+15 0	+21 0	+29 0
1600	2000	+18 0	+25 0	+35 0
2000	2500	+22 0	+30 0	+41 0
2500	3150	+26 0	+36 0	+50 0

注：1. IT14～IT18 只用于大于 1mm 的公称尺寸。
2. 公称尺寸大于 500～3150mm，IT1～IT5 的偏差值为试用的。



（续）

H				
4	5	6	7	8
+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0
+4 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0
+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0
+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0
+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0
+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0
+8 0	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0
+10 0	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0
+12 0	+18 0	+25 0	+40 0	+63 0
+14 0	+20 0	+29 0	+46 0	+72 0
+16 0	+23 0	+32 0	+52 0	+81 0
+18 0	+25 0	+36 0	+57 0	+89 0
+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0
+22 0	+32 0	+44 0	+70 0	+110 0
+25 0	+36 0	+50 0	+80 0	+125 0
+28 0	+40 0	+56 0	+90 0	+140 0
+33 0	+47 0	+66 0	+105 0	+165 0
+39 0	+55 0	+78 0	+125 0	+195 0
+46 0	+65 0	+92 0	+150 0	+230 0
+55 0	+78 0	+110 0	+175 0	+280 0
+68 0	+96 0	+135 0	+210 0	+330 0

公称尺寸/mm		H			
大于	至	9	10	11	12
—	3	+25 0	+40 0	+60 0	+0.1 0
3	6	+30 0	+48 0	+75 0	+0.12 0
6	10	+36 0	+58 0	+90 0	+0.15 0
10	18	+43 0	+70 0	+110 0	+0.18 0
18	30	+52 0	+84 0	+130 0	+0.21 0
30	50	+62 0	+100 0	+160 0	+0.25 0
50	80	+74 0	+120 0	+190 0	+0.3 0
80	120	+87 0	+140 0	+220 0	+0.35 0
120	180	+100 0	+160 0	+250 0	+0.4 0
180	250	+115 0	+185 0	+290 0	+0.46 0
250	315	+130 0	+210 0	+320 0	+0.52 0
315	400	+140 0	+230 0	+360 0	+0.57 0
400	500	+155 0	+250 0	+400 0	+0.63 0
500	630	+175 0	+280 0	+440 0	+0.7 0
630	800	+200 0	+320 0	+500 0	+0.8 0
800	1000	+230 0	+360 0	+560 0	+0.9 0
1000	1250	+260 0	+420 0	+660 0	+1.05 0
1250	1600	+310 0	+500 0	+780 0	+1.25 0
1600	2000	+370 0	+600 0	+920 0	+1.5 0
2000	2500	+440 0	+700 0	+1100 0	+1.75 0
2500	3150	+540 0	+860 0	+1350 0	+2.1 0



（续）

H（mm）					
13	14	15	16	17	18
+0.14 0	+0.25 0	+0.4 0	+0.6 0		
+0.18 0	+0.3 0	+0.48 0	+0.75 0	+1.2 0	+1.8 0
+0.22 0	+0.36 0	+0.58 0	+0.9 0	+1.5 0	+2.2 0
+0.27 0	+0.43 0	+0.7 0	+1.1 0	+1.8 0	+2.7 0
+0.33 0	+0.52 0	+0.84 0	+1.3 0	+2.1 0	+3.3 0
+0.39 0	+0.62 0	+1 0	+1.6 0	+2.5 0	+3.9 0
+0.46 0	+0.74 0	+1.2 0	+1.9 0	+3 0	+4.6 0
+0.54 0	+0.87 0	+1.4 0	+2.2 0	+3.5 0	+5.4 0
+0.63 0	+1 0	+1.6 0	+2.5 0	+4 0	+6.3 0
+0.72 0	+1.15 0	+1.85 0	+2.9 0	+4.6 0	+7.2 0
+0.81 0	+1.3 0	+2.1 0	+3.2 0	+5.2 0	+8.1 0
+0.89 0	+1.4 0	+2.3 0	+3.6 0	+5.7 0	+8.9 0
+0.97 0	+1.55 0	+2.5 0	+4 0	+6.3 0	+9.7 0
+1.1 0	+1.75 0	+2.8 0	+4.4 0	+7 0	+11 0
+1.25 0	+2 0	+3.2 0	+5 0	+8 0	+12.5 0
+1.4 0	+2.3 0	+3.6 0	+5.6 0	+9 0	+14 0
+1.65 0	+2.6 0	+4.2 0	+6.6 0	+10.5 0	+16.5 0
+1.95 0	+3.1 0	+5 0	+7.8 0	+12.5 0	+19.5 0
+2.3 0	+3.7 0	+6 0	+9.2 0	+15 0	+23 0
+2.8 0	+4.4 0	+7 0	+11 0	+17.5 0	+28 0
+3.3 0	+5.4 0	+8.6 0	+13.5 0	+21 0	+33 0

公称尺寸/mm				
大于	至	1	2	3
—	3	±0.4	±0.6	±1
3	6	±0.5	±0.75	±1.25
6	10	±0.5	±0.75	±1.25
10	18	±0.6	±1	±1.5
18	30	±0.75	±1.25	±2
30	50	±0.75	±1.25	±2
50	80	±1	±1.5	±2.5
80	120	±1.25	±2	±3
120	180	±1.75	±2.5	±4
180	250	±2.25	±3.5	±5
250	315	±3	±4	±6
315	400	±3.5	±4.5	±6.5
400	500	±4	±5	±7.5
500	630	±4.5	±5.5	±8
630	800	±5	±6.5	±9
800	1000	±5.5	±7.5	±10.5
1000	1250	±6.5	±9	±12
1250	1600	±7.5	±10.5	±14.5
1600	2000	±9	±12.5	±17.5
2000	2500	±11	±15	±20.5
2500	3150	±13	±18	±25

注：1. 为避免相同值重复，表列值以“±X”给出，可为 ES = +X，EI = −X，如 $^{+0.23}_{-0.23}$mm。
2. IT14 ~ IT18 只用于大于 1mm 的公称尺寸。
3. 公称尺寸大于 500 ~ 3150mm，IT1 ~ IT5 的偏差值为试用的。



（续）

JS				
4	5	6	7	8
±1.5	±2	±3	±5	±7
±2	±2.5	±4	±6	±9
±2	±3	±4.5	±7	±11
±2.5	±4	±5.5	±9	±13
±3	±4.5	±6.5	±10	±16
±3.5	±5.5	±8	±12	±19
±4	±6.5	±9.5	±15	±23
±5	±7.5	±11	±17	±27
±6	±9	±12.5	±20	±31
±7	±10	±14.5	±23	±36
±8	±11.5	±16	±26	±40
±9	±12.5	±18	±28	±44
±10	±13.5	±20	±31	±48
±11	±16	±22	±35	±55
±12.5	±18	±25	±40	±62
±14	±20	±28	±45	±70
±16.5	±23.5	±33	±52	±82
±19.5	±27.5	±39	±62	±97
±23	±32.5	±46	±75	±115
±27.5	±39	±55	±87	±140
±34	±48	±67.5	±105	±165

公称尺寸/mm		JS			
大于	至	9	10	11	12
—	3	±12	±20	±30	±0.05
3	6	±15	±24	±37	±0.06
6	10	±18	±29	±46	±0.075
10	18	±21	±36	±55	±0.09
18	30	±26	±42	±65	±0.105
30	50	±31	±50	±80	±0.125
50	80	±37	±60	±95	±0.15
80	120	±43	±70	±110	±0.175
120	180	±50	±80	±125	±0.2
180	250	±57	±92	±145	±0.23
250	315	±65	±105	±160	±0.28
315	400	±70	±115	±180	±0.285
400	500	±77	±125	±200	±0.315
500	630	±87	±140	±220	±0.35
630	800	±100	±160	±250	±0.4
800	1000	±115	±180	±280	±0.45
1000	1250	±130	±210	±330	±0.525
1250	1600	±155	±250	±390	±0.625
1600	2000	±185	±300	±460	±0.75
2000	2500	±220	±350	±550	±0.875
2500	3150	±270	±430	±675	±1.05

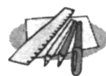


（续）

JS(mm)					
13	14	15	16	17	18
±0.07	±0.125	±0.2	±0.3		
±0.09	±0.15	±0.24	±0.375	±0.6	±0.9
±0.11	±0.18	±0.29	±0.45	±0.75	±1.1
±0.135	±0.215	±0.35	±0.55	±0.9	±1.35
±0.165	±0.26	±0.42	±0.65	±1.05	±1.65
±0.195	±0.31	±0.5	±0.8	±1.25	±1.95
±0.23	±0.37	±0.6	±0.95	±1.5	±2.3
±0.27	±0.435	±0.7	±1.1	±1.75	±2.7
±0.315	±0.5	±0.8	±1.25	±2	±3.15
±0.36	±0.575	±0.925	±1.45	±2.3	±3.6
±0.405	±0.65	±1.05	±1.6	±2.6	±4.05
±0.445	±0.7	±1.15	±1.8	±2.85	±4.45
±0.485	±0.775	±1.25	±2	±3.15	±4.85
±0.55	±0.875	±1.4	±2.2	±3.5	±5.5
±0.625	±1	±1.6	±2.5	±4	±6.25
±0.7	±1.15	±1.8	±2.8	±4.5	±7
±0.825	±1.3	±2.1	±3.3	±5.25	±8.25
±0.975	±1.55	±2.5	±3.9	±6.25	±9.75
±1.15	±1.85	±3	±4.6	±7.5	±11.5
±1.4	±2.2	±3.5	±5.5	±8.75	±14
±1.65	±2.7	±4.3	±6.75	±10.5	±16.5

公称尺寸/mm		J				
大于	至	6	7	8	9	3
—	3	+2 −4	+4 −6	+6 −8		0 −2
3	6	+5 −3	±6	+10 −8		0 −2.5
6	10	+5 −4	+8 −7	+12 −10		0 −2.5
10	18	+6 −5	+10 −8	+15 −12		0 −3
18	30	+8 −5	+12 −9	+20 −13		−0.5 −4.5
30	50	+10 −6	+14 −11	+24 −15		−0.5 −4.5
50	80	+13 −6	+18 −12	+28 −18		
80	120	+16 −6	+22 −13	+34 −20		
120	180	+18 −7	+26 −14	+41 −22		
180	250	+22 −7	+30 −16	+47 −25		
250	315	+25 −7	+36 −16	+55 −26		
315	400	+29 −7	+39 −18	+60 −29		
400	500	+33 −7	+43 −20	+66 −31		
500	630					
630	800					
800	1000					
1000	1250					
1250	1600					
1600	2000					
2000	2500					
2500	3150					

注：1. J9，J10 等公差带对称于零线，其偏差值见 JS9，JS10 等。
2. 公称尺寸大于 3mm 时，大于 IT8 的 K 的偏差值不做规定。
3. 公称尺寸大于 3 ~ 6mm 的 J7 的偏差值与对应尺寸段的 JS7 等值。



（续）

K						
4	5	6	7	8	9	10
0 −3	0 −4	0 −6	0 −10	0 −14	0 −25	0 −40
+0.5 −3.5	0 −5	+2 −6	+3 −9	+5 −13		
+0.5 −3.5	+1 −5	+2 −7	+5 −10	+6 −16		
+1 −4	+2 −6	+2 −9	+6 −12	+8 −19		
0 −6	+1 −8	+2 −11	+6 −15	+10 −23		
+1 −6	+2 −9	+3 −13	+7 −18	+12 −27		
	+3 −10	+4 −15	+9 −21	+14 −32		
	+2 −13	+4 −18	+10 −25	+16 −38		
	+3 −15	+4 −21	+12 −28	+20 −43		
	+2 −18	+5 −24	+13 −33	+22 −50		
	+3 −20	+5 −27	+16 −36	+25 −56		
	+3 −22	+7 −29	+17 −40	+28 −61		
	+2 −25	+8 −32	+18 −45	+29 −68		
		0 −44	0 −70	0 −110		
		0 −50	0 −80	0 −125		
		0 −56	0 −90	0 −140		
		0 −66	0 −105	0 −165		
		0 −78	0 −125	0 −195		
		0 −92	0 −150	0 −230		
		0 −110	0 −175	0 −280		
		0 −135	0 −210	0 −330		

公称尺寸/mm		M							
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	-2 -4	-2 -5	-2 -6	-2 -8	-2 -12	-2 -16	-2 -27	-2 -42
3	6	-3 -5.5	-2.5 -6.5	-3 -8	-1 -9	0 -12	+2 -16	-4 -34	-4 -52
6	10	-5 -7.5	-4.5 -8.5	-4 -10	-3 -12	0 -15	+1 -21	-6 -42	-6 -64
10	18	-6 -9	-5 -10	-4 -12	-4 -15	0 -18	+2 -25	-7 -50	-7 -77
18	30	-6.5 -10.5	-6 -12	-5 -14	-4 -17	0 -21	+4 -29	-8 -60	-8 -92
30	50	-7.5 -11.5	-6 -13	-5 -16	-4 -20	0 -25	+5 -34	-9 -71	-9 -109
50	80			-6 -19	-5 -24	0 -30	+5 -41		
80	120			-8 -23	-6 -28	0 -35	+6 -48		
120	180			-9 -27	-8 -33	0 -40	+8 -55		
180	250			-11 -31	-8 -37	0 -46	+9 -63		
250	315			-13 -36	-9 -41	0 -52	+9 -72		
315	400			-14 -39	-10 -46	0 -57	+11 -78		
400	500			-16 -43	-10 -50	0 -63	+11 -86		
500	630				-26 -70	-26 -96	-26 -136		
630	800				-30 -80	-30 -110	-30 -155		
800	1000				-34 -90	-34 -124	-34 -174		
1000	1250				-40 -106	-40 -145	-40 -205		
1250	1600				-48 -126	-48 -173	-48 -243		
1600	2000				-58 -150	-58 -208	-58 -288		
2000	2500				-68 -178	-68 -243	-68 -348		
2500	3150				-76 -211	-76 -286	-76 -406		

注：公差带N9，N10和N11只用于大于1mm的公称尺寸。



（续）

N								
3	4	5	6	7	8	9	10	11
-4 -6	-4 -7	-4 -8	-4 -10	-4 -14	-4 -18	-4 -29	-4 -44	-4 -64
-7 -9.5	-6.5 -10.5	-7 -12	-5 -13	-4 -16	-2 -20	0 -30	0 -48	0 -75
-9 -11.5	-8.5 -12.5	-8 -14	-7 -16	-4 -19	-3 -25	0 -36	0 -58	0 -90
-11 -14	-10 -15	-9 -17	-9 -20	-5 -23	-3 -30	0 -43	0 -70	0 -110
-13.5 -17.5	-13 -19	-12 -21	-11 -24	-7 -28	-3 -36	0 -52	0 -84	0 -130
-15.5 -19.5	-14 -21	-13 -24	-12 -28	-8 -33	-3 -42	0 -62	0 -100	0 -160
		-15 -28	-14 -33	-9 -39	-4 -50	0 -74	0 -120	0 -190
		-18 -33	-16 -38	-10 -45	-4 -58	0 -87	0 -140	0 -220
		-21 -39	-20 -45	-12 -52	-4 -67	0 -100	0 -160	0 -250
		-25 -45	-22 -51	-14 -60	-5 -77	0 -115	0 -185	0 -290
		-27 -50	-25 -57	-14 -66	-5 -86	0 -130	0 -210	0 -320
		-30 -55	-26 -62	-16 -73	-5 -94	0 -140	0 -230	0 -360
		-33 -60	-27 -67	-17 -80	-6 -103	0 -155	0 -250	0 -400
			-44 -88	-44 -114	-44 -154	-44 -219		
			-50 -100	-50 -130	-50 -175	-50 -250		
			-56 -112	-56 -146	-56 -196	-56 -286		
			-66 -132	-66 -171	-66 -231	-66 -326		
			-78 -156	-78 -203	-78 -273	-78 -388		
			-92 -184	-92 -242	-92 -322	-92 -462		
			-110 -220	-110 -285	-110 -390	-110 -550		
			-135 -270	-135 -345	-135 -465	-135 -675		

公称尺寸/mm				
大于	至	3	4	5
—	3	-6 -8	-6 -9	-6 -10
3	6	-11 -13.5	-10.5 -14.5	-11 -16
6	10	-14 -18.5	-13.5 -17.5	-13 -19
10	18	-17 -20	-16 -21	-15 -23
18	30	-20.5 -24.5	-20 -26	-19 -28
30	50	-24.5 -28.5	-23 -30	-22 -33
50	80			-27 -40
80	120			-32 -47
120	180			-37 -55
180	250			-44 -64
250	315			-49 -72
315	400			-55 -80
400	500			-61 -88
500	630			
630	800			
800	1000			
1000	1250			
1250	1600			
1600	2000			
2000	2500			
2500	3150			



（续）

P				
6	7	8	9	10
−6 −12	−6 −16	−6 −20	−6 −31	−6 −46
−9 −17	−8 −20	−12 −30	−12 −42	−12 −60
−12 −21	−9 −24	−15 −37	−15 −51	−15 −73
−15 −26	−11 −29	−18 −45	−18 −61	−18 −88
−18 −31	−14 −35	−22 −55	−22 −74	−22 −106
−21 −37	−17 −42	−26 −65	−26 −88	−26 −126
−26 −45	−21 −51	−32 −78	−32 −106	
−30 −52	−24 −59	−37 −91	−37 −124	
−36 −61	−28 −68	−43 −106	−43 −143	
−41 −70	−33 −79	−50 −122	−50 −165	
−47 −79	−36 −88	−56 −137	−56 −186	
−51 −87	−41 −98	−62 −151	−62 −202	
−55 −95	−45 −108	−68 −165	−68 −223	
−78 −122	−78 −148	−78 −188	−78 −253	
−88 −138	−88 −168	−88 −213	−88 −288	
−100 −156	−100 −190	−100 −240	−100 −330	
−120 −186	−120 −225	−120 −285	−120 −380	
−140 −218	−140 −265	−140 −335	−140 −450	
−170 −262	−170 −320	−170 −400	−170 −540	
−195 −305	−195 −370	−195 −475	−195 −635	
−240 −375	−240 −450	−240 −570	−240 −780	

公称尺寸/mm				
大于	至	3	4	5
—	3	-10 -12	-10 -13	-10 -14
3	6	-14 -16.5	-13.5 -17.5	-14 -19
6	10	-18 -20.5	-17.5 -21.5	-17 -23
10	18	-22 -25	-21 -26	-20 -28
18	30	-26.5 -30.5	-26 -32	-25 -34
30	50	-32.5 -36.5	-31 -38	-30 -41
50	65			-36 -49
65	80			-38 -51
80	100			-46 -61
100	120			-49 -64
120	140			-57 -75
140	160			-59 -77
160	180			-62 -80
180	200			-71 -91
200	225			-74 -94
225	250			-78 -98
250	280			-87 -110
280	315			-91 -114
315	355			-101 -126



（续）

R				
6	7	8	9	10
-10 -16	-10 -20	-10 -24	-10 -35	-10 -50
-12 -20	-11 -23	-15 -33	-15 -45	-15 -63
-16 -25	-13 -28	-19 -41	-19 -55	-19 -77
-20 -31	-16 -34	-23 -50	-23 -66	-23 -93
-24 -37	-20 -41	-28 -61	-28 -80	-10 -112
-29 -45	-25 -50	-34 -73	-34 -96	-34 -134
-35 -54	-30 -60	-41 -87		
-37 -56	-32 -62	-43 -89		
-44 -66	-38 -73	-51 -105		
-47 -69	-41 -76	-54 -108		
-56 -81	-48 -88	-63 -126		
-58 -83	-50 -90	-65 -128		
-61 -86	-53 -93	-68 -131		
-68 -97	-60 -106	-77 -149		
-71 -100	-63 -109	-80 -152		
-75 -104	-67 -113	-84 -156		
-85 -117	-74 -126	-94 -175		
-89 -121	-78 -130	-98 -179		
-97 -133	-87 -144	-108 -197		

公称尺寸/mm				
大于	至	3	4	5
355	400			−107 −132
400	450			−119 −146
450	500			−125 −152
500	560			
560	630			
630	710			
710	800			
800	900			
900	1000			
1000	1120			
1120	1250			
1250	1400			
1400	1600			
1600	1800			
1800	2000			
2000	2240			
2240	2500			
2500	2800			
2800	3150			



（续）

R				
6	7	8	9	10
-103 -139	-93 -150	-114 -203		
-113 -153	-103 -166	-126 -223		
-119 -159	-109 -172	-132 -229		
-150 -194	-150 -220	-150 -260		
-155 -199	-155 -225	-155 -265		
-175 -225	-175 -255	-175 -300		
-185 -235	-185 -265	-185 -310		
-210 -266	-210 -300	-210 -350		
-220 -276	-220 -310	-220 -360		
-250 -316	-250 -355	-250 -415		
-260 -326	-260 -365	-260 -425		
-300 -378	-300 -425	-300 -495		
-330 -408	-330 -455	-330 -525		
-370 -462	-370 -520	-370 -600		
-400 -492	-400 -550	-400 -630		
-440 -550	-440 -615	-440 -720		
-460 -570	-460 -635	-460 -740		
-550 -685	-550 -760	-550 -880		
-580 -715	-580 -790	-580 -910		

公称尺寸/mm				
大于	至	3	4	5
—	3	-14 -16	-14 -17	-14 -18
3	6	-18 -20.5	-17.5 -21.5	-18 -23
6	10	-22 -24.5	-21.5 -25.5	-21 -27
10	18	-27 -30	-26 -31	-25 -33
18	30	-33.5 -37.5	-33 -39	-32 -41
30	50	-41.5 -45.5	-40 -47	-39 -50
50	65			-48 -61
65	80			-54 -67
80	100			-66 -81
100	120			-74 -89
120	140			-86 -104
140	160			-94 -112
160	180			-102 -120
180	200			-116 -136
200	225			-124 -144
225	250			-134 -154
250	280			-151 -174
280	315			-163 -186
315	355			-183 -208



（续）

S				
6	7	8	9	10
−14 −20	−14 −24	−14 −28	−14 −39	−14 −54
−16 −24	−15 −27	−19 −37	−19 −49	−19 −67
−20 −29	−17 −32	−23 −45	−23 −59	−23 −81
−25 −36	−21 −39	−28 −55	−28 −71	−28 −98
−31 −44	−27 −48	−35 −68	−35 −87	−35 −119
−38 −54	−34 −59	−43 −82	−43 −105	−43 −143
−47 −66	−42 −72	−53 −99	−53 −127	
−53 −72	−48 −78	−59 −105	−59 −133	
−64 −86	−58 −93	−71 −125	−71 −158	
−72 −94	−66 −101	−79 −133	−79 −166	
−85 −110	−77 −117	−92 −155	−92 −192	
−93 −118	−85 −125	−100 −163	−100 −200	
−101 −126	−93 −133	−108 −171	−108 −208	
−113 −142	−105 −151	−122 −194	−122 −237	
−121 −150	−113 −159	−130 −202	−130 −245	
−131 −160	−123 −169	−140 −212	−140 −255	
−149 −181	−138 −190	−158 −239	−168 −288	
−161 −193	−150 −202	−170 −251	−170 −300	
−179 −215	−169 −226	−190 −279	−190 −330	

公称尺寸/mm				
大于	至	3	4	5
355	400			−201 −226
400	450			−225 −252
450	500			−245 −272
500	560			
560	630			
630	710			
710	800			
800	900			
900	1000			
1000	1120			
1120	1250			
1250	1400			
1400	1600			
1600	1800			
1800	2000			
2000	2240			
2240	2500			
2500	2800			
2800	3150			



（续）

S				
6	7	8	9	10
-197 -233	-187 -244	-208 -297	-208 -348	
-219 -259	-209 -272	-232 -329	-232 -387	
-239 -279	-229 -292	-252 -349	-252 -407	
-280 -324	-280 -350	-280 -390		
-310 -354	-310 -380	-310 -420		
-340 -390	-340 -420	-340 -465		
-380 -430	-380 -460	-380 -505		
-430 -486	-430 -520	-430 -570		
-470 -526	-470 -560	-470 -610		
-520 -586	-520 -625	-520 -685		
-580 -646	-580 -685	-580 -745		
-640 -718	-640 -765	-640 -835		
-720 -795	-720 -845	-720 -915		
-820 -912	-820 -970	-820 -1050		
-920 -1012	-920 -1070	-920 -1150		
-1000 -1110	-1000 -1175	-1000 -1280		
-1100 -1210	-1100 -1275	-1100 -1380		
-1250 -1385	-1250 -1460	-1250 -1580		
-1400 -1535	-1400 -1610	-1400 -1730		

公称尺寸/mm		T			
大于	至	5	6	7	8
—	3				
3	6				
6	10				
10	18				
18	24				
24	30	-38 -47	-37 -50	-33 -54	-41 -74
30	40	-44 -55	-43 -59	-39 -64	-48 -87
40	50	-50 -61	-49 -65	-45 -70	-54 -93
50	65		-60 -79	-55 -85	-66 -112
65	80		-69 -88	-64 -94	-75 -121
80	100		-84 -106	-78 -113	-91 -145
100	120		-97 -119	-91 -126	-104 -158
120	140		-115 -140	-107 -147	-122 -185
140	160		-127 -152	-119 -159	-134 -197
160	180		-139 -164	-131 -171	-146 -209
180	200		-157 -186	-149 -195	-166 -238
200	225		-171 -200	-163 -209	-180 -252
225	250		-187 -216	-179 -225	-196 -268
250	280		-209 -241	-198 -250	-218 -299
280	315		-231 -263	-220 -272	-240 -321



（续）

U					
5	6	7	8	9	10
−18 −22	−18 −24	−18 −28	−18 −32	−18 −43	−18 −58
−22 −27	−20 −28	−19 −31	−23 −41	−23 −53	−23 −71
−26 −32	−25 −34	−22 −37	−28 −50	−28 −64	−28 −86
−30 −38	−30 −41	−26 −44	−33 −60	−33 −76	−33 −103
−38 −47	−37 −50	−33 −54	−41 −74	−41 −93	−41 −125
−45 −54	−44 −57	−40 −61	−48 −81	−48 −100	−48 −132
−56 −67	−55 −71	−51 −76	−60 −99	−60 −122	−60 −160
−66 −77	−65 −81	−61 −86	−70 −109	−70 −132	−70 −170
	−81 −100	−76 −106	−87 −133	−87 −161	−87 −207
	−96 −115	−91 −121	−102 −148	−102 −176	−102 −222
	−117 −139	−111 −146	−124 −178	−124 −211	−124 −264
	−137 −159	−131 −166	−144 −198	−144 −231	−144 −284
	−163 −188	−155 −195	−170 −233	−170 −270	−170 −330
	−183 −208	−175 −215	−190 −253	−190 −290	−190 −350
	−203 −228	−195 −235	−210 −273	−210 −310	−210 −370
	−227 −256	−219 −265	−236 −308	−236 −351	−236 −421
	−249 −278	−241 −287	−258 −330	−258 −373	−258 −443
	−275 −304	−267 −313	−284 −356	−284 −399	−284 −469
	−306 −338	−295 −347	−315 −396	−315 −445	−315 −525
	−341 −373	−330 −382	−350 −431	−350 −480	−350 −560

公称尺寸/mm		T			
大于	至	5	6	7	8
315	355		-257 -293	-247 -304	-268 -357
355	400		-283 -319	-273 -330	-294 -383
400	450		-317 -357	-307 -370	-330 -427
450	500		-347 -387	-337 -400	-360 -457
500	560		-400 -444	-400 -470	-400 -510
560	630		-450 -494	-450 -520	-450 -560
630	710		-500 -550	-500 -580	-500 -625
710	800		-560 -610	-560 -640	-560 -685
800	900		-620 -676	-620 -710	-620 -760
900	1000		-680 -736	-680 -770	-680 -820
1000	1120		-780 -846	-780 -885	-780 -945
1120	1250		-840 -906	-840 -945	-840 -1005
1250	1400		-960 -1038	-960 -1085	-960 -1155
1400	1600		-1050 -1128	-1050 -1175	-1050 -1245
1600	1800		-1200 -1292	-1200 -1360	-1200 -1430
1800	2000		-1350 -1442	-1350 -1500	-1350 -1580
2000	2240		-1500 -1610	-1500 -1675	-1500 -1780
2240	2500		-1650 -1760	-1650 -1825	-1650 -1930
2500	2800		-1900 -2035	-1900 -2110	-1900 -2230
2800	3150		-2100 -2235	-2100 -2310	-2100 -2430

注：公称尺寸至24mm的T5～T8的偏差值未列表内，建议以U5～U8代替。如



（续）

U					
5	6	7	8	9	10
	-379 -415	-369 -426	-390 -479	-390 -530	-390 -620
	-424 -460	-414 -471	-435 -524	-435 -575	-435 -665
	-477 -517	-467 -530	-490 -587	-490 -645	-490 -740
	-527 -567	-517 -580	-540 -637	-540 -695	-540 -790
	-600 -644	-600 -670	-600 -710		
	-660 -704	-660 -730	-660 -770		
	-740 -790	-740 -820	-740 -865		
	-840 -890	-840 -920	-840 -965		
	-940 -996	-940 -1030	-940 -1080		
	-1050 -1106	-1050 -1140	-1050 -1190		
	-1150 -1216	-1150 -1255	-1150 -1315		
	-1300 -1366	-1300 -1405	-1300 -1465		
	-1450 -1528	-1450 -1575	-1450 -1645		
	-1600 -1678	-1600 -1725	-1600 -1795		
	-1850 -1942	-1850 -2000	-1850 -2080		
	-2000 -2092	-2000 -2150	-2000 -2230		
	-2300 -2410	-2300 -2475	-2300 -2580		
	-2500 -2610	-2500 -2675	-2500 -2780		
	-2900 -3035	-2900 -3110	-2900 -3230		
	-3200 -3335	-3200 -3410	-3200 -3530		

非要 T5 ~ T8，则可按 GB/T 1800.1 计算。

公称尺寸/mm		V						
大于	至	5	6	7	8	5	6	7
—	3					-20 -24	-20 -26	-20 -30
3	6					-27 -32	-25 -33	-24 -36
6	10					-32 -38	-31 -40	-28 -43
10	14					-37 -45	-37 -48	-33 -51
14	18	-36 -44	-36 -47	-32 -50	-39 -66	-42 -50	-42 -53	-38 -56
18	24	-44 -53	-43 -56	-39 -60	-47 -80	-51 -60	-50 -63	-46 -67
24	30	-52 -61	-51 -64	-47 -68	-55 -88	-61 -70	-60 -73	-56 -77
30	40	-64 -75	-63 -79	-59 -84	-68 -107	-76 -87	-75 -91	-71 -96
40	50	-77 -88	-76 -92	-72 -97	-81 -120	-93 -104	-92 -108	-88 -113
50	65		-96 -115	-91 -121	-102 -148		-116 -135	-111 -141
65	80		-114 -133	-109 -139	-120 -166		-140 -159	-135 -165
80	100		-139 -161	-133 -168	-146 -200		-171 -193	-165 -200
100	120		-165 -187	-159 -194	-172 -226		-203 -225	-197 -232
120	140		-195 -220	-187 -227	-202 -265		-241 -266	-233 -273
140	160		-221 -246	-213 -253	-228 -291		-273 -298	-265 -305
160	180		-245 -270	-237 -277	-252 -315		-303 -328	-295 -335
180	200		-275 -304	-267 -313	-284 -356		-341 -370	-333 -379
200	225		-301 -330	-293 -339	-310 -382		-376 -405	-368 -414
225	250		-331 -360	-323 -369	-340 -412		-416 -445	-408 -454
250	280		-376 -408	-365 -417	-385 -466		-466 -498	-455 -507
280	315		-416 -448	-405 -457	-425 -506		-516 -548	-505 -557



（续）

X			Y				
8	9	10	6	7	8	9	10
–20 –34	–20 –45	–20 –60					
–28 –46	–28 –58	–28 –76					
–34 –56	–34 –70	–34 –92					
–40 –67	–40 –83	–40 –110					
–45 –72	–45 –88	–45 –115					
–54 –87	–54 –106	–54 –138	–59 –72	–55 –76	–63 –96	–63 –115	–63 –147
–64 –97	–64 –116	–64 –148	–71 –84	–67 –88	–75 –108	–75 –127	–75 –159
–80 –119	–80 –142	–80 –180	–89 –105	–85 –110	–94 –133	–94 –156	–94 –194
–97 –136	–97 –159	–97 –197	–109 –125	–105 –130	–114 –153	–114 –176	–114 –214
–122 –168	–122 –196		–138 –157	–133 –163	–144 –190		
–146 –192	–146 –220		–168 –187	–163 –193	–174 –220		
–178 –232	–178 –265		–207 –229	–201 –236	–214 –268		
–210 –264	–210 –297		–247 –269	–241 –276	–254 –308		
–248 –311	–248 –348		–293 –318	–285 –325	–300 –363		
–280 –343	–280 –380		–333 –358	–325 –365	–340 –403		
–310 –373	–310 –410		–373 –398	–365 –405	–380 –443		
–350 –422	–350 –465		–416 –445	–408 –454	–425 –497		
–385 –457	–385 –500		–461 –490	–453 –499	–470 –542		
–425 –497	–425 –540		–511 –540	–503 –549	–520 –592		
–475 –556	–475 –605		–571 –603	–560 –612	–580 –661		
–525 –606	–525 –655		–641 –673	–630 –682	–650 –731		

公称尺寸/mm		V						
大于	至	5	6	7	8	5	6	7
315	355		-464 -500	-454 -511	-475 -564		-579 -615	-569 -626
355	400		-519 -555	-509 -566	-530 -619		-649 -685	-639 -696
400	450		-582 -622	-572 -635	-585 -692		-727 -767	-717 -780
450	500		-647 -687	-637 -700	-660 -757		-807 -847	-797 -860

注：1. 公称尺寸至14mm的V5～V8的偏差值未列表内，建议以X5～X8代替。
2. 公称尺寸至18mm的Y6～Y10的偏差值未列表内，建议以Z6～Z10代替。

公称尺寸/mm		Z				
大于	至	6	7	8	9	10
—	3	-26 -32	-26 -36	-26 -40	-26 -51	-26 -66
3	6	-32 -40	-31 -43	-35 -53	-35 -65	-35 -83
6	10	-39 -48	-36 -51	-42 -64	-42 -78	-42 -100
10	14	-47 -58	-43 -61	-50 -77	-50 -93	-50 -120
14	18	-57 -68	-53 -71	-60 -87	-60 -103	-60 -130
18	24	-69 -82	-65 -86	-73 -106	-73 -125	-73 -157
24	30	-84 -97	-80 -101	-88 -121	-88 -140	-88 -172
30	40	-107 -123	-103 -128	-112 -151	-112 -174	-112 -212
40	50	-131 -147	-127 -152	-136 -175	-136 -198	-136 -236
50	65		-161 -191	-172 -218	-172 -246	-172 -292
65	80		-199 -229	-210 -256	-210 -284	-210 -330
80	100		-245 -280	-258 -312	-258 -345	-258 -398



（续）

X			Y				
8	9	10	6	7	8	9	10
-590 -679	-590 -730		-719 -755	-709 -766	-730 -819		
-660 -749	-660 -800		-809 -845	-799 -856	-820 -909		
-740 -837	-740 -895		-907 -947	-897 -960	-920 -1017		
-820 -917	-820 -975		-987 -1027	-977 -1040	-1000 -1097		

如非要 V5 ~ V8，则可按 GB/T 1800.1 计算。
如非要 Y6 ~ Y10，则可按 GB/T 1800.1 计算。

	ZA					
11	6	7	8	9	10	11
-26 -86	-32 -38	-32 -42	-32 -46	-32 -57	-32 -72	-32 -92
-35 -110	-39 -47	-38 -50	-42 -60	-42 -72	-42 -90	-42 -117
-42 -132	-49 -58	-46 -61	-52 -74	-52 -88	-52 -110	-52 -142
-50 -160	-61 -72	-57 -75	-64 -91	-64 -107	-64 -134	-64 -174
-60 -170	-74 -85	-70 -88	-77 -104	-77 -120	-77 -147	-77 -187
-73 -203	-94 -107	-90 -111	-98 -131	-98 -150	-98 -182	-98 -228
-88 -218	-114 -127	-110 -131	-118 -151	-118 -170	-118 -202	-118 -248
-112 -272	-143 -159	-139 -164	-148 -187	-148 -210	-148 -248	-148 -308
-136 -296	-175 -191	-171 -196	-180 -219	-180 -242	-180 -280	-180 -340
-172 -362		-215 -245	-226 -272	-226 -300	-226 -346	-226 -416
-210 -400		-263 -293	-274 -320	-274 -348	-274 -394	-274 -464
-258 -478		-322 -357	-335 -389	-335 -422	-335 -475	-335 -555

公称尺寸/mm		Z				
大于	至	6	7	8	9	10
80	120		−297 −332	−310 −364	−310 −397	−310 −450
120	140		−350 −390	−365 −428	−365 −465	−365 −525
140	160		−400 −440	−415 −478	−415 −515	−415 −575
160	180		−450 −490	−465 −528	−465 −565	−465 −625
180	200		−503 −549	−520 −592	−520 −635	−520 −705
200	225		−558 −604	−575 −647	−575 −690	−575 −760
225	250		−623 −669	−640 −712	−640 −755	−640 −825
250	280		−690 −742	−710 −791	−710 −840	−710 −920
280	315		−770 −822	−790 −871	−790 −920	−790 −1000
315	355		−879 −936	−900 −989	−900 −1040	−900 −1130
355	400		−979 −1036	−1000 −1089	−1000 −1140	−1000 −1230
400	450		−1077 −1140	−1100 −1197	−1100 −1255	−1100 −1350
450	500		−1227 −1290	−1250 −1347	−1250 −1405	−1250 −1500

公称尺寸/mm		ZB			
大于	至	7	8	9	10
—	3	−40 −50	−40 −54	−40 −65	−40 −80
3	6	−46 −58	−50 −68	−50 −80	−50 −98
6	10	−61 −76	−67 −89	−67 −103	−67 −125
10	14	−83 −101	−90 −117	−90 −133	−90 −160
14	18	−101 −119	−108 −135	−108 −151	−108 −178



（续）

	ZA					
11	6	7	8	9	10	11
-310 -530		-387 -422	-400 -454	-400 -487	-400 -540	-400 -620
-365 -615		-455 -495	-470 -533	-470 -570	-470 -630	-470 -720
-415 -665		-520 -560	-535 -598	-535 -635	-535 -695	-535 -785
-465 -715		-585 -625	-600 -663	-600 -700	-600 -760	-600 -850
-520 -810		-653 -699	-670 -742	-670 -785	-670 -855	-670 -960
-575 -865		-723 -769	-740 -812	-740 -855	-740 -925	-740 -1030
-640 -930		-803 -849	-820 -892	-820 -935	-820 -1005	-820 -1110
-710 -1030		-900 -952	-920 -1001	-920 -1050	-920 -1130	-920 -1240
-790 -1110		-980 -1032	-1000 -1081	-1000 -1130	-1000 -1210	-1000 -1320
-900 -1260		-1129 -1186	-1150 -1239	-1150 -1290	-1150 -1380	-1150 -1510
-1000 -1360		-1279 -1336	-1300 -1389	-1300 -1440	-1300 -1530	-1300 -1660
-1100 -1500		-1427 -1490	-1450 -1547	-1450 -1605	-1450 -1700	-1450 -1850
-1250 -1650		-1577 -1640	-1600 -1697	-1600 -1755	-1600 -1850	-1600 -2000

	ZC				
11	7	8	9	10	11
-40 -100	-60 -70	-60 -74	-60 -85	-60 -100	-60 -120
-50 -125	-76 -88	-80 -98	-80 -110	-80 -128	-80 -155
-67 -157	-91 -106	-97 -119	-97 -133	-97 -155	-97 -187
-90 -200	-123 -141	-130 -157	-130 -173	-130 -200	-130 -240
-108 -218	-143 -161	-150 -177	-150 -193	-150 -220	-150 -260



公称尺寸/mm		ZB			
大于	至	7	8	9	10
18	24	-128 -149	-136 -169	-136 -188	-136 -220
24	30	-152 -173	-160 -193	-160 -212	-160 -244
30	40	-191 -216	-200 -239	-200 -262	-200 -300
40	50	-233 -258	-242 -281	-242 -304	-242 -342
50	65	-289 -319	-300 -346	-300 -374	-300 -420
65	80	-349 -379	-360 -406	-360 -434	-360 -480
80	100	-432 -467	-445 -499	-445 -532	-445 -585
100	120	-512 -547	-525 -579	-525 -612	-525 -665
120	140	-605 -645	-620 -683	-620 -720	-620 -780
140	160	-685 -725	-700 -763	-700 -800	-700 -860
160	180	-765 -805	-780 -843	-780 -880	-780 -940
180	200	-863 -909	-880 -952	-880 -995	-880 -1065
200	225	-943 -989	-960 -1032	-960 -1075	-960 -1145
225	250	-1033 -1079	-1050 -1122	-1050 -1165	-1050 -1235
250	280	-1180 -1232	-1200 -1281	-1200 -1330	-1200 -1410
280	315	-1280 -1332	-1300 -1381	-1300 -1430	-1300 -1510
315	355	-1479 -1536	-1500 -1589	-1500 -1640	-1500 -1730
355	400	-1629 -1686	-1650 -1739	-1650 -1790	-1650 -1880
400	450	-1827 -1890	-1850 -1947	-1850 -2005	-1850 -2100
450	500	-2077 -2140	-2100 -2197	-2100 -2255	-2100 -2350



（续）

	ZC				
11	7	8	9	10	11
-136 -266	-180 -201	-188 -221	-188 -240	-188 -272	-188 -318
-160 -290	-210 -231	-218 -251	-218 -270	-218 -302	-218 -348
-200 -360	-265 -290	-274 -313	-274 -336	-274 -374	-274 -434
-242 -402	-316 -341	-325 -364	-325 -387	-325 -425	-325 -485
-300 -490	-394 -424	-405 -451	-405 -479	-405 -525	-405 -565
-360 -550	-469 -499	-480 -526	-480 -554	-480 -600	-480 -670
-445 -665	-527 -607	-585 -639	-585 -672	-585 -725	-585 -805
-525 -745	-677 -712	-690 -744	-690 -777	-690 -830	-690 -910
-620 -870	-785 -825	-800 -863	-800 -900	-800 -960	-800 -1050
-700 -950	-885 -925	-900 -963	-900 -1000	-900 -1060	-900 -1150
-780 -1030	-985 -1025	-1000 -1063	-1000 -1100	-1000 -1160	-1000 -1250
-880 -1170	-1133 -1179	-1150 -1222	-1150 -1265	-1150 -1335	-1150 -1440
-960 -1250	-1233 -1279	-1250 -1322	-1250 -1365	-1250 -1435	-1250 -1540
-1050 -1340	-1333 -1379	-1350 -1422	-1350 -1465	-1350 -1535	-1350 -1640
-1200 -1520	-1530 -1582	-1550 -1631	-1550 -1680	-1550 -1760	-1550 -1870
-1300 -1620	-1680 -1732	-1700 -1781	-1700 -1830	-1700 -1910	-1700 -2020
-1500 -1860	-1879 -1936	-1900 -1989	-1900 -2040	-1900 -2130	-1900 -2260
-1650 -2010	-2079 -2136	-2100 -2189	-2100 -2240	-2100 -2330	-2100 -2460
-1850 -2250	-2377 -2440	-2400 -2497	-2400 -2555	-2400 -2650	-2400 -2800
-2100 -2500	-2577 -2640	-2600 -2697	-2600 -2755	-2600 -2850	-2600 -3000

附录B　轴的极限偏差

公称尺寸/mm		a				
大于	至	9	10	11	12	13
—	3	-270 -295	-270 -310	-270 -330	-270 -370	-270 -410
3	6	-270 -300	-270 -318	-270 -345	-270 -390	-270 -450
6	10	-280 -316	-280 -338	-280 -370	-280 -430	-280 -500
10	18	-290 -333	-290 -360	-290 -400	-290 -470	-290 -560
18	30	-300 -352	-300 -384	-300 -430	-300 -510	-300 -630
30	40	-310 -372	-310 -410	-310 -470	-310 -560	-310 -700
40	50	-320 -382	-320 -420	-320 -480	-320 -570	-320 -710
50	65	-340 -414	-340 -460	-340 -530	-340 -640	-340 -800
65	80	-360 -434	-360 -480	-360 -550	-360 -660	-360 -820
80	100	-380 -467	-380 -520	-380 -600	-380 -730	-380 -920
100	120	-410 -497	-410 -550	-410 -630	-410 -760	-410 -950
120	140	-460 -560	-460 -620	-460 -710	-460 -860	-460 -1090
140	160	-520 -620	-520 -680	-520 -770	-520 -920	-520 -1150
160	180	-580 -680	-580 -740	-580 -830	-580 -980	-580 -1210
180	200	-660 -775	-660 -845	-660 -950	-660 -1120	-660 -1380
200	225	-740 -855	-740 -925	-740 -1030	-740 -1200	-740 -1460
225	250	-820 -935	-820 -1005	-820 -1110	-820 -1280	-820 -1540
250	280	-920 -1050	-920 -1130	-920 -1240	-920 -1440	-920 -1730
280	315	-1050 -1180	-1050 -1260	-1050 -1370	-1050 -1570	-1050 -1860
315	355	-1200 -1340	-1200 -1430	-1200 -1560	-1200 -1770	-1200 -2090
355	400	-1350 -1490	-1350 -1580	-1350 -1710	-1350 -1920	-1350 -2240
400	450	-1500 -1655	-1500 -1750	-1500 -1900	-1500 -2130	-1500 -2470
450	500	-1650 -1805	-1650 -1900	-1650 -2050	-1650 -2280	-1650 -2620

注:公称尺寸小于1mm时,各级的a和b均不采用。



（GB/T 1800.2—2009）

（单位：μm）

b					
8	9	10	11	12	13
-140 -154	-140 -165	-140 -180	-140 -200	-140 -240	-140 -280
-140 -158	-140 -170	-140 -188	-140 -215	-140 -260	-140 -320
-150 -172	-150 -186	-150 -208	-150 -240	-150 -300	-150 -370
-150 -177	-150 -193	-150 -220	-150 -260	-150 -330	-150 -420
-160 -193	-160 -212	-160 -244	-160 -290	-160 -370	-160 -490
-170 -209	-170 -232	-170 -270	-170 -330	-170 -420	-170 -560
-180 -219	-180 -242	-180 -280	-180 -340	-180 -430	-180 -570
-190 -236	-190 -264	-190 -310	-190 -380	-190 -490	-190 -650
-200 -246	-200 -274	-200 -320	-200 -390	-200 -500	-200 -660
-220 -274	-220 -307	-220 -360	-220 -440	-220 -570	-220 -760
-240 -294	-240 -327	-240 -380	-240 -460	-240 -590	-240 -780
-260 -323	-260 -360	-260 -420	-260 -510	-260 -660	-260 -890
-280 -343	-280 -380	-280 -440	-280 -530	-280 -680	-280 -910
-310 -373	-310 -410	-310 -470	-310 -560	-310 -710	-310 -940
-340 -412	-340 -455	-340 -525	-340 -630	-340 -800	-340 -1060
-380 -452	-380 -495	-380 -565	-380 -670	-380 -840	-380 -1100
-420 -492	-420 -535	-420 -605	-420 -710	-420 -880	-420 -1140
-480 -561	-480 -610	-480 -690	-480 -800	-480 -1000	-480 -1290
-540 -621	-540 -670	-540 -750	-540 -860	-540 -1060	-540 -1350
-600 -689	-600 -740	-600 -830	-600 -960	-600 -1170	-600 -1490
-680 -769	-680 -820	-680 -910	-680 -1040	-680 -1250	-680 -1570
-760 -857	-760 -915	-760 -1010	-760 -1160	-760 -1390	-760 -1730
-840 -937	-840 -995	-840 -1090	-840 -1240	-840 -1470	-840 -1810

公称尺寸/mm		c				
大于	至	8	9	10	11	12
—	3	-60 -74	-60 -85	-60 -100	-60 -120	-60 -160
3	6	-70 -88	-70 -100	-70 -118	-70 -145	-70 -190
6	10	-80 -102	-80 -116	-80 -138	-80 -170	-80 -230
10	18	-95 -122	-95 -138	-95 -165	-95 -205	-95 -275
18	30	-110 -143	-110 -162	-110 -194	-110 -240	-110 -320
30	40	-120 -159	-120 -182	-120 -220	-120 -280	-120 -370
40	50	-130 -169	-130 -192	-130 -230	-130 -290	-130 -380
50	65	-140 -186	-140 -214	-140 -260	-140 -330	-140 -440
65	80	-150 -196	-150 -224	-150 -270	-150 -340	-150 -450
80	100	-170 -224	-170 -257	-170 -310	-170 -390	-170 -520
100	120	-180 -234	-180 -267	-180 -320	-180 -400	-180 -530
120	140	-200 -263	-200 -300	-200 -360	-200 -450	-200 -600
140	160	-210 -273	-210 -310	-210 -370	-210 -460	-210 -610
160	180	-230 -293	-230 -330	-230 -390	-230 -480	-230 -630
180	200	-240 -312	-240 -355	-240 -425	-240 -530	-240 -700
200	225	-260 -332	-260 -375	-260 -445	-260 -550	-260 -720
225	250	-280 -352	-280 -395	-280 -465	-280 -570	-280 -740
250	280	-300 -381	-300 -430	-300 -510	-300 -620	-300 -820
280	315	-330 -411	-330 -460	-330 -540	-330 -650	-330 -850
315	355	-360 -449	-360 -500	-360 -590	-360 -720	-360 -930
355	400	-400 -489	-400 -540	-400 -630	-400 -760	-400 -970
400	450	-440 -537	-440 -595	-440 -690	-440 -840	-440 -1070
450	500	-480 -577	-480 -635	-480 -730	-480 -880	-480 -1110

注:各级的 cd 主要用于精密机械和钟表制造业。

（续）

cd					
5	6	7	8	9	10
−34 −38	−34 −40	−34 −44	−34 −48	−34 −59	−34 −74
−46 −51	−46 −54	−46 −58	−46 −64	−46 −76	−46 −94
−56 −62	−56 −65	−56 −71	−56 −78	−56 −92	−56 −114

公称尺寸/mm					
大于	至	5	6	7	8
—	3	-20 -24	-20 -26	-20 -30	-20 -34
3	6	-30 -35	-30 -38	-30 -42	-30 -48
6	10	-40 -46	-40 -49	-40 -55	-40 -62
10	18	-50 -58	-50 -61	-50 -68	-50 -77
18	30	-65 -74	-65 -78	-65 -86	-65 -98
30	50	-80 -91	-80 -96	-80 -105	-80 -119
50	80	-100 -113	-100 -119	-100 -130	-100 -146
80	120	-120 -135	-120 -142	-120 -155	-120 -174
120	180	-145 -163	-145 -170	-145 -185	-145 -208
180	250	-170 -190	-170 -199	-170 -216	-170 -242
250	315	-190 -213	-190 -222	-190 -242	-190 -271
315	400	-210 -235	-210 -246	-210 -267	-210 -299
400	500	-230 -257	-230 -270	-230 -293	-230 -327
500	630			-260 -330	-260 -370
630	800			-290 -370	-290 -415
800	1000			-320 -410	-320 -460
1000	1250			-350 -455	-350 -515
1250	1600			-390 -515	-390 -585
1600	2000			-430 -580	-430 -660
2000	2500			-480 -655	-480 -760
2500	3150			-520 -730	-520 -850



（续）

d				
9	10	11	12	13
-20 -45	-20 -60	-20 -80	-20 -120	-20 -160
-30 -60	-30 -78	-30 -105	-30 -150	-30 -210
-40 -76	-40 -98	-40 -130	-40 -190	-40 -260
-50 -93	-50 -120	-50 -160	-50 -230	-50 -320
-65 -117	-65 -149	-65 -195	-65 -275	-65 -395
-80 -142	-80 -180	-80 -240	-80 -330	-80 -470
-100 -174	-100 -220	-100 -290	-100 -400	-100 -560
-120 -207	-120 -260	-120 -340	-120 -470	-120 -660
-145 -245	-145 -305	-145 -395	-145 -545	-145 -775
-170 -285	-170 -355	-170 -460	-170 -630	-170 -890
-190 -320	-190 -400	-190 -510	-190 -710	-190 -1000
-210 -350	-210 -440	-210 -570	-210 -780	-210 -1100
-230 -385	-230 -480	-230 -630	-230 -860	-230 -1200
-260 -435	-260 -540	-260 -700		
-290 -490	-290 -610	-290 -790		
-320 -550	-320 -680	-320 -880		
-350 -610	-350 -770	-350 -1010		
-390 -700	-390 -890	-390 -1170		
-430 -800	-430 -1030	-430 -1350		
-480 -920	-480 -1180	-480 -1580		
-520 -1060	-520 -1380	-520 -1870		

公称尺寸/mm		e					
大于	至	5	6	7	8	9	10
—	3	-14 -18	-14 -20	-14 -24	-14 -28	-14 -39	-14 -54
3	6	-20 -25	-20 -28	-20 -32	-20 -38	-20 -50	-20 -68
6	10	-25 -31	-25 -34	-25 -40	-25 -47	-25 -61	-25 -83
10	18	-32 -40	-32 -43	-32 -50	-32 -59	-32 -75	-32 -102
18	30	-40 -49	-40 -53	-40 -61	-40 -73	-40 -92	-40 -124
30	50	-50 -61	-50 -66	-50 -75	-50 -89	-50 -112	-50 -150
50	80	-60 -73	-60 -79	-60 -90	-60 -106	-60 -134	-60 -180
80	120	-72 -87	-72 -94	-72 -107	-72 -126	-72 -159	-72 -212
120	180	-85 -103	-85 -110	-85 -125	-85 -148	-85 -185	-85 -245
180	250	-100 -120	-100 -129	-100 -146	-100 -172	-100 -215	-100 -285
250	315	-110 -133	-110 -142	-110 -162	-110 -191	-110 -240	-110 -320
315	400	-125 -150	-125 -161	-125 -182	-125 -214	-125 -265	-125 -355
400	500	-135 -162	-135 -175	-135 -198	-135 -232	-135 -290	-135 -385
500	630		-145 -189	-145 -215	-145 -255	-145 -320	-145 -425
630	800		-160 -210	-160 -240	-160 -285	-160 -360	-160 -480
800	1000		-170 -226	-170 -260	-170 -310	-170 -400	-170 -530
1000	1250		-195 -261	-195 -300	-195 -360	-195 -455	-195 -615
1250	1600		-220 -298	-220 -345	-220 -415	-220 -530	-220 -720
1600	2000		-240 -332	-240 -390	-240 -470	-240 -610	-240 -840
2000	2500		-260 -370	-260 -435	-260 -540	-260 -700	-260 -960
2500	3150		-290 -425	-290 -500	-290 -620	-290 -830	-290 -1150

注:各级的 ef 主要用于精密机械和钟表制造业。

（续）

ef							
3	4	5	6	7	8	9	10
−10 −12	−10 −13	−10 −14	−10 −16	−10 −20	−10 −24	−10 −35	−10 −50
−14 −16. 5	−14 −18	−14 −19	−14 −22	−14 −26	−14 −32	−14 −44	−14 −62
−18 −20. 5	−18 −22	−18 −24	−18 −27	−18 −33	−18 −40	−18 −54	−18 −76

公称尺寸/mm		f						
大于	至	3	4	5	6	7	8	9
—	3	-6 -8	-6 -9	-6 -10	-6 -12	-6 -16	-6 -20	-6 -31
3	6	-10 -12.5	-10 -14	-10 -15	-10 -18	-10 -22	-10 -28	-10 -40
6	10	-13 -15.5	-13 -17	-13 -19	-13 -22	-13 -28	-13 -35	-13 -49
10	18	-16 -19	-16 -21	-16 -24	-16 -27	-16 -34	-16 -43	-16 -59
18	30	-20 -24	-20 -26	-20 -29	-20 -33	-20 -41	-20 -53	-20 -72
30	50	-25 -29	-25 -32	-25 -36	-25 -41	-25 -50	-25 -64	-25 -87
50	80		-30 -38	-30 -43	-30 -49	-30 -60	-30 -76	-30 -104
80	120		-36 -46	-36 -51	-36 -58	-36 -71	-36 -90	-36 -123
120	180		-43 -55	-43 -61	-43 -68	-43 -83	-43 -106	-43 -143
180	250		-50 -64	-50 -70	-50 -79	-50 -96	-50 -122	-50 -165
250	315		-56 -72	-56 -79	-56 -88	-56 -108	-56 -137	-56 -185
315	400		-62 -80	-62 -87	-62 -98	-62 -119	-62 -151	-62 -202
400	500		-68 -88	-68 -95	-68 -108	-68 -131	-68 -165	-68 -223
500	630				-76 -120	-76 -146	-76 -186	-76 -251
630	800				-80 -130	-80 -160	-80 -205	-80 -280
800	1000				-86 -142	-86 -176	-86 -226	-86 -316
1000	1250				-98 -164	-98 -203	-98 -263	-98 -358
1250	1600				-110 -188	-110 -235	-110 -305	-110 -420
1600	2000				-120 -212	-120 -270	-120 -350	-120 -490
2000	2500				-130 -240	-130 -305	-130 -410	-130 -570
2500	3150				-145 -280	-145 -355	-145 -475	-145 -685

注：各级的 fg 主要用于精密机械和钟表制造业。

（续）

	fg							
10	3	4	5	6	7	8	9	10
−6 −46	−4 −6	−4 −7	−4 −8	−4 −10	−4 −14	−4 −18	−4 −29	−4 −44
−10 −58	−6 −8.5	−6 −10	−6 −11	−6 −14	−6 −18	−6 −24	−6 −36	−6 −54
−13 −71	−8 −10.5	−8 −12	−8 −14	−8 −17	−8 −23	−8 −30	−8 −44	−8 −66
−16 −86								
−20 −104								
−25 −125								

公称尺寸/mm				
大于	至	3	4	5
—	3	-2 -4	-2 -5	-2 -6
3	6	-4 -6.5	-4 -8	-4 -9
6	10	-5 -7.5	-5 -9	-5 -11
10	18	-6 -9	-6 -11	-6 -14
18	30	-7 -11	-7 -13	-7 -16
30	50	-9 -13	-9 -16	-9 -20
50	80		-10 -18	-10 -23
80	120		-12 -22	-12 -27
120	180		-14 -26	-14 -32
180	250		-15 -29	-15 -35
250	315		-17 -33	-17 -40
315	400		-18 -36	-18 -43
400	500		-20 -40	-20 -47
500	630			
630	800			
800	1000			
1000	1250			
1250	1600			
1600	2000			
2000	2500			
2500	3150			



（续）

g				
6	7	8	9	10
－2 －8	－2 －12	－2 －16	－2 －27	－2 －42
－4 －12	－4 －16	－4 －22	－4 －34	－4 －52
－5 －14	－5 －20	－5 －27	－5 －41	－5 －63
－6 －17	－6 －24	－6 －33	－6 －49	－6 －76
－7 －20	－7 －28	－7 －40	－7 －59	－7 －91
－9 －25	－9 －34	－9 －48	－9 －71	－9 －109
－10 －29	－10 －40	－10 －56		
－12 －34	－12 －47	－12 －66		
－14 －39	－14 －54	－14 －77		
－15 －44	－15 －61	－15 －87		
－17 －49	－17 －69	－17 －98		
－18 －54	－18 －75	－18 －107		
－20 －60	－20 －83	－20 －117		
－22 －66	－22 －92	－22 －132		
－24 －74	－24 －104	－24 －149		
－26 －82	－26 －116	－26 －166		
－28 －94	－28 －133	－28 －193		
－30 －108	－30 －155	－30 －225		
－32 －124	－32 －182	－32 －262		
－34 －144	－34 －209	－34 －314		
－38 －173	－38 －248	－38 －368		

公称尺寸/mm				
大于	至	1	2	3
—	3	0 −0.8	0 −1.2	0 −2
3	6	0 −1	0 −1.5	0 −2.5
6	10	0 −1	0 −1.5	0 −2.5
10	18	0 −1.2	0 −2	0 −3
18	30	0 −1.5	0 −2.5	0 −4
30	50	0 −1.5	0 −2.5	0 −4
50	80	0 −2	0 −3	0 −5
80	120	0 −2.5	0 −4	0 −6
120	180	0 −3.5	0 −5	0 −8
180	250	0 −4.5	0 −7	0 −10
250	315	0 −6	0 −8	0 −12
315	400	0 −7	0 −9	0 −13
400	500	0 −8	0 −10	0 −15
500	630	0 −9	0 −11	0 −16
630	800	0 −10	0 −13	0 −18
800	1000	0 −11	0 −15	0 −21
1000	1250	0 −13	0 −18	0 −24
1250	1600	0 −15	0 −21	0 −29
1600	2000	0 −18	0 −25	0 −35
2000	2500	0 −22	0 −30	0 −41
2500	3150	0 −26	0 −36	0 −50



（续）

h				
4	5	6	7	8
0 −3	0 −4	0 −6	0 −10	0 −14
0 −4	0 −5	0 −8	0 −12	0 −18
0 −4	0 −6	0 −9	0 −15	0 −22
0 −5	0 −8	0 −11	0 −18	0 −27
0 −6	0 −9	0 −13	0 −21	0 −33
0 −7	0 −11	0 −16	0 −25	0 −39
0 −8	0 −13	0 −19	0 −30	0 −46
0 −10	0 −15	0 −22	0 −35	0 −54
0 −12	0 −18	0 −25	0 −40	0 −63
0 −14	0 −20	0 −29	0 −46	0 −72
0 −16	0 −23	0 −32	0 −52	0 −81
0 −18	0 −25	0 −36	0 −57	0 −89
0 −20	0 −27	0 −40	0 −63	0 −97
0 −22	0 −32	0 −44	0 −70	0 −110
0 −25	0 −36	0 −50	0 −80	0 −125
0 −28	0 −40	0 −56	0 −90	0 −140
0 −33	0 −47	0 −66	0 −105	0 −165
0 −39	0 −55	0 −78	0 −125	0 −195
0 −46	0 −65	0 −92	0 −150	0 −230
0 −55	0 −78	0 −110	0 −175	0 −280
0 −68	0 −96	0 −135	0 −210	0 −330

公称尺寸/mm		h			
大于	至	9	10	11	12
—	3	0 -25	0 -40	0 -60	0 -0.1
3	6	0 -30	0 -48	0 -75	0 -0.12
6	10	0 -36	0 -58	0 -90	0 -0.15
10	18	0 -43	0 -70	0 -110	0 -0.18
18	30	0 -52	0 -84	0 -130	0 -0.21
30	50	0 -62	0 -100	0 -160	0 -0.25
50	80	0 -74	0 -120	0 -190	0 -0.3
80	120	0 -87	0 -140	0 -220	0 -0.35
120	180	0 -100	0 -160	0 -250	0 -0.4
180	250	0 -115	0 -185	0 -290	0 -0.46
250	315	0 -130	0 -210	0 -320	0 -0.52
315	400	0 -140	0 -230	0 -360	0 -0.57
400	500	0 -155	0 -250	0 -400	0 -0.63
500	630	0 -175	0 -280	0 -440	0 -0.7
630	800	0 -200	0 -320	0 -500	0 -0.8
800	1000	0 -230	0 -360	0 -560	0 -0.9
1000	1250	0 -260	0 -420	0 -660	0 -1.05
1250	1600	0 -310	0 -500	0 -780	0 -1.25
1600	2000	0 -370	0 -600	0 -920	0 -1.5
2000	2500	0 -440	0 -700	0 -1100	0 -1.75
2500	3150	0 -540	0 -860	0 -1350	0 -2.1

注：1. IT14～IT18 只用于大于 1mm 的公称尺寸。

2. 公称尺寸大于 500～3150mm，IT1～IT5 的偏差值为试用的。



（续）

h(mm)					
13	14	15	16	17	18
0 -0.14	0 -0.25	0 -0.4	0 -0.6		
0 -0.18	0 -0.3	0 -0.48	0 -0.75	0 -1.2	0 -1.8
0 -0.22	0 -0.36	0 -0.58	0 -0.9	0 -1.5	0 -2.2
0 -0.27	0 -0.43	0 -0.7	0 -1.1	0 -1.8	0 -2.7
0 -0.33	0 -0.52	0 -0.84	0 -1.3	0 -2.1	0 -3.3
0 -0.39	0 -0.62	0 -1	0 -1.6	0 -2.5	0 -3.9
0 -0.46	0 -0.74	0 -1.2	0 -1.9	0 -3	0 -4.6
0 -0.54	0 -0.87	0 -1.4	0 -2.2	0 -3.5	0 -5.4
0 -0.63	0 -1	0 -1.6	0 -2.5	0 -4	0 -6.3
0 -0.72	0 -1.15	0 -1.85	0 -2.9	0 -4.6	0 -7.2
0 -0.81	0 -1.3	0 -2.1	0 -3.2	0 -5.2	0 -8.1
0 -0.89	0 -1.4	0 -2.3	0 -3.6	0 -5.7	0 -8.9
0 -0.97	0 -1.55	0 -2.5	0 -4	0 -6.3	0 -9.7
0 -1.1	0 -1.75	0 -2.8	0 -4.4	0 -7	0 -11
0 -1.25	0 -2	0 -3.2	0 -5	0 -8	0 -12.5
0 -1.4	0 -2.3	0 -3.6	0 -5.6	0 -9	0 -14
0 -1.65	0 -2.6	0 -4.2	0 -6.6	0 -10.5	0 -16.5
0 -1.95	0 -3.1	0 -5	0 -7.8	0 -12.5	0 -19.5
0 -2.3	0 -3.7	0 -6	0 -9.2	0 -15	0 -23
0 -2.8	0 -4.4	0 -7	0 -11	0 -17.5	0 -28
0 -3.3	0 -5.4	0 -8.6	0 -13.5	0 -21	0 -33



公称尺寸/mm				
大于	至	1	2	3
—	3	±0.4	±0.6	±1
3	6	±0.5	±0.75	±1.25
6	10	±0.5	±0.75	±1.25
10	18	±0.6	±1	±1.5
18	30	±0.75	±1.25	±2
30	50	±0.75	±1.25	±2
50	80	±1	±1.5	±2.5
80	120	±1.25	±2	±3
120	180	±1.75	±2.5	±4
180	250	±2.25	±3.5	±5
250	315	±3	±4	±6
315	400	±3.5	±4.5	±6.5
400	500	±4	±5	±7.5
500	630	±4.5	±5.5	±8
630	800	±5	±6.5	±9
800	1000	±5.5	±7.5	±10.5
1000	1250	±6.5	±9	±12
1250	1600	±7.5	±10.5	±14.5
1600	2000	±9	±12.5	±17.5
2000	2500	±11	±15	±20.5
2500	3150	±13	±18	±25



（续）

js				
4	5	6	7	8
±1.5	±2	±3	±5	±7
±2	±2.5	±4	±6	±9
±2	±3	±4.5	±7	±11
±2.5	±4	±5.5	±9	±13
±3	±4.5	±6.5	±10	±16
±3.5	±5.5	±8	±12	±19
±4	±6.5	±9.5	±15	±23
±5	±7.5	±11	±17	±27
±6	±9	±12.5	±20	±31
±7	±10	±14.5	±23	±36
±8	±11.5	±16	±26	±40
±9	±12.5	±18	±28	±44
±10	±13.5	±20	±31	±48
±11	±16	±22	±35	±55
±12.5	±18	±25	±40	±62
±14	±20	±28	±45	±70
±16.5	±23.5	±33	±52	±82
±19.5	±27.5	±39	±62	±97
±23	±32.5	±46	±75	±115
±27.5	±39	±55	±87	±140
±34	±48	±67.5	±105	±165

公称尺寸/mm					
大于	至	9	10	11	12
—	3	±12	±20	±30	±0.05
3	6	±15	±24	±37	±0.06
6	10	±18	±29	±45	±0.075
10	18	±21	±35	±55	±0.09
18	30	±26	±42	±65	±0.105
30	50	±31	±50	±80	±0.125
50	80	±37	±60	±95	±0.15
80	120	±43	±70	±110	±0.175
120	180	±50	±80	±125	±0.2
180	250	±57	±92	±145	±0.23
250	315	±65	±105	±160	±0.26
315	400	±70	±115	±180	±0.285
400	500	±77	±125	±200	±0.315
500	630	±87	±140	±220	±0.35
630	800	±100	±160	±250	±0.4
800	1000	±115	±180	±280	±0.45
1000	1250	±130	±210	±330	±0.525
1250	1600	±155	±250	±390	±0.625
1600	2000	±185	±300	±460	±0.75
2000	2500	±220	±350	±550	±0.875
2500	3150	±270	±430	±675	±1.05

注:1. 为避免相同值的重复,表列值以“±X”给出,可为 es = +X,ei = −X,如$^{+0.23}_{-0.23}$mm。

2. IT14 ~ IT18 只用于大于 1mm 的公称尺寸。

3. 公称尺寸大于 500 ~ 3150mm,IT1 ~ IT5 的偏差值为试用的。



（续）

js					
13	14	15	16	17	18
±0. 07	±0. 125	±0. 2	±0. 3		
±0. 09	±0. 15	±0. 24	±0. 375	±0. 6	±0. 9
±0. 11	±0. 18	±0. 29	±0. 45	±0. 75	±1. 1
±0. 135	±0. 215	±0. 35	±0. 55	±0. 9	±1. 35
±0. 165	±0. 26	±0. 42	±0. 65	±1. 05	±1. 65
±0. 195	±0. 31	±0. 5	±0. 8	±1. 25	±1. 95
±0. 23	±0. 37	±0. 6	±0. 95	±1. 5	±2. 3
±0. 27	±0. 435	±0. 7	±1. 1	±1. 75	±2. 7
±0. 315	±0. 5	±0. 8	±1. 25	±2	±3. 15
±0. 36	±0. 575	±0. 925	±1. 45	±2. 3	±3. 6
±0. 405	±0. 65	±1. 05	±1. 6	±2. 6	±4. 05
±0. 445	±0. 7	±1. 15	±1. 8	±2. 85	±4. 45
±0. 485	±0. 775	±1. 25	±2	±3. 15	±4. 85
±0. 55	±0. 875	±1. 4	±2. 2	±3. 5	±5. 5
±0. 625	±1	±1. 6	±2. 5	±4	±6. 25
±0. 7	±1. 15	±1. 8	±2. 8	±4. 5	±7
±0. 825	±1. 3	±2. 1	±3. 3	±5. 25	±8. 25
±0. 975	±1. 55	±2. 5	±3. 9	±6. 25	±9. 75
±1. 15	±1. 85	±3	±4. 6	±7. 5	±11. 5
±1. 4	±2. 2	±3. 5	±5. 5	±8. 75	±14
±1. 65	±2. 7	±4. 3	±6. 75	±10. 5	±16. 5



公称尺寸/mm		j						
大于	至	5	6	7	8	3	4	5
—	3	±2	+4 −2	+6 −4	+8 −6	+2 0	+3 0	+4 0
3	6	+3 −2	+6 −2	+8 −4		+2.5 0	+5 +1	+6 +1
6	10	+4 −2	+7 −2	+10 −5		+2.5 0	+5 +1	+7 +1
10	18	+5 −3	+8 −3	+12 −6		+3 0	+6 +1	+9 +1
18	30	+5 −4	+9 −4	+13 −8		+4 0	+8 +2	+11 +2
30	50	+6 −5	+11 −5	+15 −10		+4 0	+9 +2	+13 +2
50	80	+6 −7	+12 −7	+18 −12			+10 +2	+15 +2
80	120	+6 −9	+13 −9	+20 −15			+13 +3	+18 +3
120	180	+7 −11	+14 −11	+22 −18			+15 +3	+21 +3
180	250	+7 −13	+16 −13	+25 −21			+18 +4	+24 +4
250	315	+7 −16	±16	±26			+20 +4	+27 +4
315	400	+7 −18	±18	+29 −28			+22 +4	+29 +4
400	500	+7 −20	±20	+31 −32			+25 +5	+32 +5
500	630							
630	800							
800	1000							
1000	1250							
1250	1600							
1600	2000							
2000	2500							
2500	3150							

注：j5，j6 和 j7 的某些极限值与 js5，js6 和 js7 一样用“ ±X”表示。



（续）

k							
6	7	8	9	10	11	12	13
+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+100 0	+140 0
+9 +1	+13 +1	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+120 0	+180 0
+10 +1	+16 +1	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+150 0	+220 0
+12 +1	+19 +1	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+180 0	+270 0
+15 +2	+23 +2	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+210 0	+330 0
+18 +2	+27 +2	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+250 0	+390 0
+21 +2	+32 +2	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+300 0	+460 0
+25 +3	+38 +3	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+350 0	+540 0
+28 +3	+43 +3	+63 0	+100 0	+160 0	+250 0	+400 0	+630 0
+33 +4	+50 +4	+72 0	+115 0	+185 0	+290 0	+460 0	+720 0
+36 +4	+56 +4	+81 0	+130 0	+210 0	+320 0	+520 0	十810 0
+40 +4	+61 +4	+89 0	+140 0	+230 0	+360 0	+570 0	+890 0
+45 +5	+68 +5	+97 0	+155 0	+250 0	+400 0	+630 0	+970 0
+44 0	+70 0	+110 0	+175 0	+280 0	+440 0	+700 0	+1100 0
+50 0	+80 0	+125 0	+200 0	+320 0	+500 0	+800 0	+1250 0
+56 0	+90 0	+140 0	+230 0	+360 0	+560 0	+900 0	+1400 0
+66 0	+105 O	+165 0	+260 O	+420 0	+660 0	+1050 0	+1650 0
+78 0	+125 0	+195 0	+310 0	+500 0	+780 0	+1250 0	十1950 0
+92 0	+150 0	+230 0	+370 0	+600 0	+920 0	+1500 0	+2300 0
+110 0	+175 0	+280 0	+440 0	+700 0	+1100 0	+1750 0	+2800 0
+135 0	+210 0	+330 0	+540 0	+860 0	+1350 0	+2100 0	+3300 0

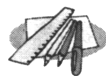
公称尺寸/mm		m					
大于	至	3	4	5	6	7	8
—	3	+4 +2	+5 +2	+6 +2	+8 +2	+12 +2	+16 +2
3	6	+6.5 +4	+8 +4	+9 +4	+12 +4	+16 +4	+22 +4
6	10	+8.5 +6	+10 +6	+12 +6	+15 +6	+21 +6	+28 +6
10	18	+10 +7	+12 +7	+15 +7	+18 +7	+25 +7	+34 +7
18	30	+12 +8	+14 +8	+17 +8	+21 +8	+29 +8	+41 +8
30	50	+13 +9	+16 +9	+20 +9	+25 +9	+34 +9	+48 +9
50	80		+19 +11	+24 +11	+30 +11	+41 +11	
80	120		+23 +13	+28 +13	+35 +13	+48 +13	
120	180		+27 +15	+33 +15	+40 +15	+55 +15	
180	250		+31 +17	+37 +17	+46 +17	+63 +17	
250	315		+36 +20	+43 +20	+52 +20	+72 +20	
315	400		+39 +21	+46 +21	+57 +21	+78 +21	
400	500		+43 +23	+50 +23	+63 +23	+86 +23	
500	630				+70 +26	+96 +26	
630	800				+80 +30	+110 +30	
800	1000				+90 +34	+124 +34	
1000	1250				+106 +40	+145 +40	
1250	1600				+126 +48	+173 +48	
1600	2000				+150 +58	+208 +58	
2000	2500				+178 +68	+243 +68	
2500	3150				+211 +76	+286 +76	



（续）

	n						
9	3	4	5	6	7	8	9
+27 +2	+6 +4	+7 +4	+8 +4	+10 +4	+14 +4	+18 +4	+29 +4
+34 +4	+10.5 +8	+12 +8	+13 +8	+16 +8	+20 +8	+26 +8	+38 +8
+42 +6	+12.5 +10	+14 +10	+16 +10	+19 +10	+25 +10	+32 +10	+46 +10
+50 +7	+15 +12	+17 +12	+20 +12	+23 +12	+30 +12	+39 +12	+55 +12
+60 +8	+19 +15	+21 +15	+24 +15	+28 +15	+36 +15	+48 +15	+67 +15
+71 +9	+21 +17	+24 +17	+28 +17	+33 +17	+42 +17	+56 +17	+79 +17
		+28 +20	+33 +20	+39 +20	+50 +20		
		+33 +23	+38 +23	+45 +23	+58 +23		
		+39 +27	+45 +27	+52 +27	+67 +27		
		+45 +31	+51 +31	+60 +31	+77 +31		
		+50 +34	+57 +34	+66 +34	+86 +34		
		+55 +37	+62 +37	+73 +37	+94 +37		
		+60 +40	+67 +40	+80 +40	+103 +40		
				+88 +44	+114 +44		
				+100 +50	+130 +50		
				+112 +56	+146 +56		
				+132 +66	+171 +66		
				+156 +78	+203 +78		
				+184 +92	+242 +92		
				+220 +110	+285 +110		
				+270 +135	+345 +135		

公称尺寸/mm				
大于	至	3	4	5
—	3	+8 +6	+9 +6	+10 +6
3	6	+14.5 +12	+16 +12	+17 +12
6	10	+17.5 +15	+19 +15	+21 +15
10	18	+21 +18	+23 +18	+26 +18
18	30	+26 +22	+28 +22	+31 +22
30	50	+30 +26	+33 +26	+37 +26
50	80		+40 +32	+45 +32
80	120		+47 +37	+52 +37
120	180		+55 +43	+61 +43
180	250		+64 +50	+70 +50
250	315		+72 +56	+79 +56
315	400		+80 +62	+87 +62
400	500		+88 +68	+95 +68
500	630			
630	800			
800	1000			
1000	1250			
1250	1600			
1600	2000			
2000	2500			
2500	3150			



（续）

p				
6	7	8	9	10
+12 +6	+16 +6	+20 +6	+31 +6	+46 +6
+20 +12	+24 +12	+30 +12	+42 +12	+60 +12
+24 +15	+30 +15	+37 +15	+51 +15	+73 +15
+29 +18	+36 +18	+45 +18	+61 +18	+88 +18
+35 +22	+43 +22	+55 +22	+74 +22	+106 +22
+42 +26	+51 +26	+65 +26	+88 +26	+126 +26
+51 +32	+62 +32	+78 +32		
+59 +37	+72 +37	+91 +37		
+68 +43	+83 +43	+106 +43		
+79 +50	+96 +50	+122 +50		
+88 +56	+108 +56	+137 +56		
+98 +62	+119 +62	+151 +62		
+108 +68	+131 +68	+165 +68		
+122 +78	+148 +78	+188 +78		
+138 +88	+168 +88	+213 +88		
+156 +100	+190 +100	+240 +100		
+186 +120	+225 +120	+285 +120		
+218 +140	+265 +140	+335 +140		
+262 +170	+320 +170	+400 +170		
+305 +195	+370 +195	+475 +195		
+375 +240	+450 +240	+570 +240		

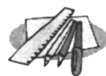
公称尺寸/mm				
大于	至	3	4	5
—	3	+12 +10	+13 +10	+14 +10
3	6	+17.5 +15	+19 +15	+20 +15
6	10	+21.5 +19	+23 +19	+25 +19
10	18	+26 +23	+28 +23	+31 +23
18	30	+32 +28	+34 +28	+37 +28
30	50	+38 +34	+41 +34	+45 +34
50	65		+49 +41	+54 +41
65	80		+51 +43	+56 +43
80	100		+61 +51	+66 +51
100	120		+64 +54	+69 +54
120	140		+75 +63	+81 +63
140	160		+77 +65	+83 +65
160	180		+80 +68	+86 +68
180	200		+91 +77	+97 +77
200	225		+94 +80	+100 +80
225	250		+98 +84	+104 +84
250	280		+110 +94	+117 +94
280	315		+114 +98	+121 +98
315	355		+126 +108	+133 +108



（续）

r				
6	7	8	9	10
+16 +10	+20 +10	+24 +10	+35 +10	+50 +10
+23 +15	+27 +15	+33 +15	+45 +15	+63 +15
+28 +19	+34 +19	+41 +19	+55 +19	+77 +19
+34 +23	+41 +23	+50 +23	+66 +23	+93 +23
+41 +28	+49 +28	+61 +28	+80 +28	+112 +28
+50 +34	+59 +34	+73 +34	+96 +34	+134 +34
+60 +41	+71 +41	+87 +41		
+62 +43	+72 +43	+89 +43		
+73 +51	+86 +51	+105 +51		
+76 +54	+89 +54	+108 +54		
+88 +63	+103 +63	+126 +63		
+90 +65	+105 +65	+128 +65		
+93 +68	+108 +68	+131 +68		
+106 +77	+123 +77	+149 +77		
+109 +80	+126 +80	+152 +80		
+113 +84	+130 +84	+156 +84		
+126 +94	+146 +94	+175 +94		
+130 +98	+150 +98	+179 +98		
+144 +108	+165 +108	+197 +108		

公称尺寸/mm				
大于	至	3	4	5
355	400		+132 +114	+139 +114
400	450		+146 +126	+153 +126
450	500		+152 +132	+159 +132
500	560			
560	630			
630	710			
710	800			
800	900			
900	1000			
1000	1120			
1120	1250			
1250	1400			
1400	1600			
1600	1800			
1800	2000			
2000	2240			
2240	2500			
2500	2800			
2800	3150			



（续）

r				
6	7	8	9	10
+150 +114	+171 +114	+203 +114		
+166 +126	+189 +126	+223 +126		
+172 +132	+195 +132	+229 +132		
+194 +150	+220 +150	+260 +150		
+199 +155	+225 +155	+265 +155		
+225 +175	+255 +175	+300 +175		
+235 +185	+265 +185	+310 +185		
+266 +210	+300 +210	+350 +210		
+276 +220	+310 +220	+360 +220		
+316 +250	+355 +250	+415 +250		
+326 +260	+365 +260	+425 +260		
+378 +300	+425 +300	+495 +300		
+408 +330	+455 +330	+525 +330		
+462 +370	+520 +370	+600 +370		
+492 +400	+550 +400	+630 +400		
+550 +440	+615 +440	+720 +440		
+570 +460	+635 +460	+740 +460		
+685 +550	+760 +550	+880 +550		
+715 +580	+790 +580	+910 +580		

公称尺寸/mm				
大于	至	3	4	5
—	3	+16 +14	+17 +14	+18 +14
3	6	+21.5 +19	+23 +19	+24 +19
6	10	+25.5 +23	+27 +23	+29 +23
10	18	+31 +28	+33 +28	+36 +28
18	30	+39 +35	+41 +35	+44 +35
30	50	+47 +43	+50 +43	+54 +43
50	65		+61 +53	+66 +53
65	80		+67 +59	+72 +59
80	100		+81 +71	+86 +71
100	120		+89 +79	+94 +79
120	140		+104 +92	+110 +92
140	160		+112 +100	+118 +100
160	180		+120 +108	+126 +108
180	200		+136 +122	+142 +122
200	225		+144 +130	+150 +130
225	250		+154 +140	+160 +140
250	280		+174 +158	+181 +158
280	315		+186 +170	+193 +170
315	355		+208 +190	+215 +190



（续）

s				
6	7	8	9	10
+20 +14	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+54 +14
+27 +19	+31 +19	+37 +19	+49 +19	+67 +19
+32 +23	+38 +23	+45 +23	+59 +23	+81 +23
+39 +28	+46 +28	+55 +28	+71 +28	+98 +28
+48 +35	+56 +35	+68 +35	+87 +35	+119 +35
+59 +43	+68 +43	+82 +43	+105 +43	+143 +43
+72 +53	+83 +53	+99 +53	+127 +63	
+78 +59	+89 +59	+105 +59	+133 +59	
+93 +71	+106 +71	+125 +71	+158 +71	
+101 +79	+114 +79	+133 +79	+166 +79	
+117 +92	+132 +92	+155 +92	+192 +92	
+125 +100	+140 +100	+163 +100	+200 +100	
+133 +108	+148 +108	+171 +108	+208 +108	
+151 +122	+168 +122	+194 +122	+237 +122	
+159 +130	+176 +130	+202 +130	+245 +130	
+169 +140	+186 +140	+212 +140	+255 +140	
+190 +158	+210 +158	+239 +158	+288 +158	
+202 +170	+222 +170	+251 +170	+300 +170	
+226 +190	+247 +190	+279 +190	+330 +190	

公称尺寸/mm				
大于	至	3	4	5
355	400		+226 +208	+233 +208
400	450		+252 +232	+259 +232
450	500		+272 +252	+279 +252
500	560			
560	630			
630	710			
710	800			
800	900			
900	1000			
1000	1120			
1120	1250			
1250	1400			
1400	1600			
1600	1800			
1800	2000			
2000	2240			
2240	2500			
2500	2800			
2800	3150			



（续）

s				
6	7	8	9	10
+244 +208	+265 +208	+297 +208	+348 +208	
+272 +232	+295 +232	+329 +232	+387 +232	
+292 +252	+315 +252	+349 +252	+407 +252	
+324 +280	+350 +280	+390 +280		
+354 +310	+380 +310	+420 +310		
+390 +340	+420 +340	+465 +340		
+430 +380	+460 +380	+505 +380		
+486 +430	+520 +430	+570 +430		
+526 +470	+560 +470	+610 +470		
+586 +520	+625 +520	+685 +520		
+646 +580	+685 +580	+745 +580		
+718 +640	+765 +640	+835 +640		
+798 +720	+845 +720	+915 +720		
+912 +820	+970 +820	+1050 +820		
+1012 +920	+1070 +920	+1150 +920		
+1110 +1000	+1175 +1000	+1280 +1000		
+1210 +1100	+1275 +1100	+1380 +1100		
+1385 +1250	+1460 +1250	+1580 +1250		
+1535 +1400	+1610 +1400	+1730 +1400		

公称尺寸/mm		t			
大于	至	5	6	7	8
—	3				
3	6				
6	10				
10	18				
18	24				
24	30	+50 +41	+54 +41	+62 +41	+74 +41
30	40	+59 +48	+64 +48	+73 +48	+87 +48
40	50	+65 +54	+70 +54	+79 +54	+93 +54
50	65	+79 +66	+85 +66	+96 +66	+112 +66
65	80	+88 +75	+94 +75	+105 +75	+121 +75
80	100	+106 +91	+113 +91	+126 +91	+145 +91
100	120	+119 +104	+126 +104	+139 +104	+158 +104
120	140	+140 +122	+147 +122	+162 +122	+185 +122
140	160	+152 +134	+159 +134	+174 +134	+197 +134
160	180	+164 +146	+171 +146	+186 +146	+209 +146
180	200	+186 +166	+195 +166	+212 +166	+238 +166
200	225	+200 +180	+209 +180	+226 +180	+252 +180
225	250	+216 +196	+225 +196	+242 +196	+268 +196
250	280	+241 +218	+250 +218	+270 +218	+299 +218
280	315	+263 +240	+272 +240	+292 +240	+321 +240



（续）

u				
5	6	7	8	9
+22 +18	+24 +18	+28 +18	+32 +18	+43 +18
+28 +23	+31 +23	+35 +23	+41 +23	+53 +23
+34 +28	+37 +28	+43 +28	+50 +28	+64 +28
+41 +33	+44 +33	+51 +33	+60 +33	+76 +33
+50 +41	+54 +41	+62 +41	+74 +41	+93 +41
+57 +48	+61 +48	+69 +48	+81 +48	+100 +48
+71 +60	+76 +60	+85 +60	+99 +60	+122 +60
+81 +70	+86 +70	+95 +70	+109 +70	+132 +70
+100 +87	+106 +87	+117 +87	+133 +87	+161 +87
+115 +102	+121 +102	+132 +102	+148 +102	+176 +102
+139 +124	+146 +124	+159 +124	+178 +124	+211 +124
+159 +144	+166 +144	+179 +144	+198 +144	+231 +144
+188 +170	+195 +170	+210 +170	+233 +170	+270 +170
+208 +190	+215 +190	+230 +190	+253 +190	+290 +190
+228 +210	+235 +210	+250 +210	+273 +210	+310 +210
+256 +236	+265 +236	+282 +236	+308 +236	+351 +236
+278 +258	+287 +258	+304 +258	+330 +258	+373 +258
+304 +284	+313 +284	+330 +284	+356 +284	+399 +284
+338 +315	+347 +315	+367 +315	+396 +315	+445 +315
+373 +350	+382 +350	+402 +350	+431 +350	+480 +350

公称尺寸/mm		t			
大于	至	5	6	7	8
315	355	+293 +268	+304 +268	+325 +268	+357 +268
355	400	+319 +294	+330 +294	+351 +294	+383 +294
400	450	+357 +330	+370 +330	+393 +330	+427 +330
450	500	+387 +360	+400 +360	+423 +360	+457 +360
500	560		+444 +400	+470 +400	
560	630		+494 +450	+520 +450	
630	710		+550 +500	+580 +500	
710	800		+610 +560	+640 +560	
800	900		+676 +620	+710 +620	
900	1000		+736 +680	+770 +680	
1000	1120		+846 +780	+885 +780	
1120	1250		+906 +840	+945 +840	
1250	1400		+1038 +960	+1085 +960	
1400	1600		+1128 +1050	+1175 +1050	
1600	1800		+1292 +1200	+1350 +1200	
1800	2000		+1442 +1350	+1500 +1350	
2000	2240		+1610 +1500	+1675 +1500	
2240	2500		+1760 +1650	+1825 +1650	
2500	2800		+2035 +1900	+2110 +1900	
2800	3150		+2235 +2100	+2310 +2100	

注：公称尺寸至 24mm 的 t5 ~ t8 的偏差值未列表内，建议以 u5 ~ u8 代替。如非要



（续）

u				
5	6	7	8	9
+415 +390	+426 +390	+447 +390	+479 +390	+530 +390
+460 +435	+471 +435	+492 +435	+524 +435	+575 +435
+517 +490	+530 +490	+553 +490	+587 +490	+645 +490
+567 +540	+580 +540	+603 +540	+637 +540	+695 +540
	+644 +600	+670 +600	+710 +600	
	+704 +660	+730 +660	+770 +660	
	+790 +740	+820 +740	+865 +740	
	+890 +840	+920 +840	+965 +840	
	+996 +940	+1030 +940	+1080 +940	
	+1106 +1050	+1140 +1050	+1190 +1050	
	+1216 +1150	+1255 +1150	+1315 +1150	
	+1366 +1300	+1405 +1300	+1465 +1300	
	+1528 +1450	+1575 +1450	+1645 +1450	
	+1678 +1600	+1725 +1600	+1795 +1600	
	+1942 +1850	+2000 +1850	+2080 +1850	
	+2092 +2000	+2150 +2000	+2230 +2000	
	+2410 +2300	+2475 +2300	+2580 +2300	
	+2610 +2500	+2675 +2500	+2780 +2500	
	+3035 +2900	+3110 +2900	+3230 +2900	
	+3335 +3200	+3410 +3200	+3530 +3200	

t5 ~ t8，则可按 GB/T 1800.1 计算。

公称尺寸/mm		v				x		
大于	至	5	6	7	8	5	6	7
—	3					+24 +20	+26 +20	+30 +20
3	6					+33 +28	+36 +28	+40 +28
6	10					+40 +34	+43 +34	+49 +34
10	14					+48 +40	+51 +40	+58 +40
14	18	+47 +39	+50 +39	+57 +39	+66 +39	+53 +45	+56 +45	+63 +45
18	24	+56 +47	+60 +47	+68 +47	+80 +47	+63 +54	+67 +54	+75 +54
24	30	+64 +55	+68 +55	+76 +55	+88 +55	+73 +64	+77 +64	+85 +64
30	40	+79 +68	+84 +68	+93 +68	+107 +68	+91 +80	+96 +80	+105 +80
40	50	+92 +81	+97 +81	+106 +81	+120 +81	+108 +97	+113 +97	+122 +97
50	65	+115 +102	+121 +102	+132 +102	+148 +102	+135 +122	+141 +122	+152 +122
65	80	+133 +120	+139 +120	+150 +120	+166 +120	+159 +146	+165 +146	+176 +146
80	100	+161 +146	+168 +146	+181 +146	+200 +146	+193 +178	+200 +178	+213 +178
100	120	+187 +172	+194 +172	+207 +172	+226 +172	+225 +210	+232 +210	+245 +210
120	140	+220 +202	+227 +202	+242 +202	+265 +202	+266 +248	+273 +248	+288 +248
140	160	+246 +228	+253 +228	+268 +228	+291 +228	+298 +280	+305 +280	+320 +280
160	180	+270 +252	+277 +252	+292 +252	+315 +252	+328 +310	+335 +310	+350 +310
180	200	+304 +284	+313 +284	+330 +284	+356 +284	+370 +350	+379 +350	+396 +350
200	225	+330 +310	+339 +310	+356 +310	+382 +310	+405 +385	+414 +385	+431 +385
225	250	+360 +340	+369 +340	+386 +340	+412 +340	+445 +425	+454 +425	+471 +425
250	280	+408 +385	+417 +385	+437 +385	+466 +385	+498 +475	+507 +475	+527 +475
280	315	+448 +425	+457 +425	+477 +425	+506 +425	+548 +525	+557 +525	+577 +525
315	355	+500 +475	+511 +475	+532 +475	+564 +475	+615 +590	+626 +590	+647 +590
355	400	+555 +530	+566 +530	+587 +530	+619 +530	+685 +660	+696 +660	+717 +660
400	450	+622 +595	+635 +595	+658 +595	+692 +595	+767 +740	+780 +740	+803 +740
450	500	+687 +660	+700 +660	+723 +660	+757 +660	+847 +820	+860 +820	+883 +820

注：1. 公称尺寸至14mm的v5～v8的偏差值未列表内，建议以x5～x8代替。如非
2. 公称尺寸至18mm的y6～y10的偏差值未列表内，建议以z6～z10代替。如非



（续）

			y				
8	9	10	6	7	8	9	10
+34 +20	+45 +20	+60 +20					
+46 +28	+58 +28	+76 +28					
+56 +34	+70 +34	+92 +34					
+67 +40	+83 +40	+110 +40					
+72 +45	+88 +45	+115 +45					
+87 +54	+106 +54	+138 +54	+76 +63	+84 +63	+96 +63	+115 +63	+147 +63
+97 +64	+116 +64	+148 +64	+88 +75	+96 +75	+108 +75	+127 +75	+159 +75
+119 +80	+142 +80	+180 +80	+110 +94	+119 +94	+133 +94	+156 +94	+194 +94
+136 +97	+159 +97	+197 +97	+130 +114	+139 +114	+153 +114	+176 +114	+214 +114
+168 +122	+196 +122	+242 +122	+163 +144	+174 +144	+190 +144		
+192 +146	+220 +146	+266 +146	+193 +174	+204 +174	+220 +174		
+232 +178	+265 +178	+318 +178	+236 +214	+249 +214	+268 +214		
+264 +210	+297 +210	+350 +210	+276 +254	+289 +254	+308 +254		
+311 +248	+348 +248	+408 +248	+325 +300	+340 +300	+363 +300		
+343 +280	+380 +280	+440 +280	+365 +340	+380 +340	+403 +340		
+373 +310	+410 +310	+470 +310	+405 +380	+420 +380	+443 +380		
+422 +350	+465 +350	+535 +350	+454 +425	+471 +425	+497 +425		
+457 +385	+500 +385	+570 +385	+499 +470	+516 +470	+542 +470		
+497 +425	+540 +425	+610 +425	+549 +520	+566 +520	+592 +520		
+556 +475	+605 +475	+685 +475	+612 +580	+632 +580	+661 +580		
+606 +525	+655 +525	+735 +525	+682 +650	+702 +650	+731 +650		
+679 +590	+730 +590	+820 +590	+766 +730	+787 +730	+819 +730		
+749 +660	+800 +660	+890 +660	+856 +820	+877 +820	+909 +820		
+837 +740	+895 +740	+990 +740	+960 +920	+983 +920	+1017 +920		
+917 +820	+975 +820	+1070 +820	+1040 +1000	+1063 +1000	+1097 +1000		

要 v5 ~ v8,则可按 GB/T 1800. 1 计算。
要 y6 ~ y10,则可按 GB/T 1800. 1 计算。

公称尺寸/mm		z				
大于	至	6	7	8	9	10
—	3	+32 +26	+36 +26	+40 +26	+51 +26	+66 +26
3	6	+43 +35	+47 +35	+53 +35	+65 +35	+83 +35
6	10	+51 +42	+57 +42	+64 +42	+78 +42	+100 +42
10	14	+61 +50	+68 +50	+77 +50	+93 +50	+120 +50
14	18	+71 +60	+78 +60	+87 +60	+103 +60	+130 +60
18	24	+86 +73	+94 +73	+106 +73	+125 +73	+157 +73
24	30	+101 +88	+109 +88	+121 +88	+140 +88	+172 +88
30	40	+128 +112	+137 +112	+151 +112	+174 +112	+212 +112
40	50	+152 +136	+161 +136	+175 +136	+198 +136	+236 +136
50	65	+191 +172	+202 +172	+218 +172	+246 +172	+292 +172
65	80	+229 +210	+240 +210	+256 +210	+284 +210	+330 +210
80	100	+280 +258	+293 +258	+312 +258	+345 +258	+398 +258
100	120	+332 +310	+345 +310	+364 +310	+397 +310	+450 +310
120	140	+390 +365	+405 +365	+428 +365	+465 +365	+525 +365
140	160	+440 +415	+455 +415	+478 +415	+515 +415	+575 +415
160	180	+490 +465	+505 +465	+528 +465	+565 +465	+625 +465
180	200	+549 +520	+566 +520	+592 +520	+635 +520	+705 +520
200	225	+604 +575	+621 +575	+647 +575	+690 +575	+760 +575
225	250	+669 +640	+686 +640	+712 +640	+755 +640	+825 +640
250	280	+742 +710	+762 +710	+791 +710	+840 +710	+920 +710
280	315	+822 +790	+842 +790	+871 +790	+920 +790	+1000 +790
315	355	+936 +900	+957 +900	+989 +900	+1040 +900	+1130 +900
355	400	+1036 +1000	+1057 +1000	+1089 +1000	+1140 +1000	+1230 +1000
400	450	+1140 +1100	+1163 +1100	+1197 +1100	+1255 +1100	+1350 +1100
450	500	+1290 +1250	+1313 +1250	+1347 +1250	+1405 +1250	+1500 +1250



（续）

	za					
11	6	7	8	9	10	11
+86 +26	+38 +32	+42 +32	+46 +32	+57 +32	+72 +32	+92 +32
+110 +35	+50 +42	+54 +42	+60 +42	+72 +42	+90 +42	+117 +42
+132 +42	+61 +52	+67 +52	+74 +52	+88 +52	+110 +52	+142 +52
+160 +50	+75 +64	+82 +64	+91 +64	+107 +64	+134 +64	+174 +64
+170 +60	+88 +77	+95 +77	+104 +77	+120 +77	+147 +77	+187 +77
+203 +73	+111 +98	+119 +98	+131 +98	+150 +98	+182 +98	+228 +98
+218 +88	+131 +118	+139 +118	+151 +118	+170 +118	+202 +118	+248 +118
+272 +112	+164 +148	+173 +148	+187 +148	+210 +148	+248 +148	+308 +148
+296 +136	+196 +180	+205 +180	+219 +180	+242 +180	+280 +180	+340 +180
+362 +172	+245 +226	+256 +226	+272 +226	+300 +226	+346 +226	+416 +226
+400 +210	+293 +274	+304 +274	+320 +274	+348 +274	+394 +274	+464 +274
+478 +258	+357 +335	+370 +335	+389 +335	+422 +335	+475 +335	+555 +335
+530 +310	+422 +400	+435 +400	+454 +400	+487 +400	+540 +400	+620 +400
+615 +365	+495 +470	+510 +470	+533 +470	+570 +470	+630 +470	+720 +470
+665 +415	+560 +535	+575 +535	+598 +535	+635 +535	+695 +535	+785 +535
+715 +465	+625 +600	+640 +600	+663 +600	+700 +600	+760 +600	+850 +600
+810 +520	+699 +670	+716 +670	+742 +670	+785 +670	+855 +670	+960 +670
+865 +575	+769 +740	+786 +740	+812 +740	+855 +740	+925 +740	+1030 +740
+930 +640	+849 +820	+866 +820	+892 +820	+935 +820	+1005 +820	+1110 +820
+1030 +710	+952 +920	+972 +920	+1001 +920	+1050 +920	+1130 +920	+1240 +920
+1110 +790	+1032 +1000	+1052 +1000	+1081 +1000	+1130 +1000	+1210 +1000	+1320 +1000
+1260 +900	+1186 +1150	+1207 +1150	+1239 +1150	+1290 +1150	+1380 +1150	+1510 +1150
+1360 +1000	+1336 +1300	+1357 +1300	+1389 +1300	+1440 +1300	+1530 +1300	+1660 +1300
+1500 +1100	+1490 +1450	+1513 +1450	+1547 +1450	+1605 +1450	+1700 +1450	+1850 +1450
+1650 +1250	+1640 +1600	+1663 +1600	+1697 +1600	+1755 +1600	+1850 +1600	+2000 +1600

公称尺寸/mm		zb			
大于	至	7	8	9	10
—	3	+50 +40	+54 +40	+65 +40	+80 +40
3	6	+62 +50	+68 +50	+80 +50	+98 +50
6	10	+82 +67	+89 +67	+103 +67	+125 +67
10	14	+108 +90	+117 +90	+133 +90	+160 +90
14	18	+126 +108	+135 +108	+151 +108	+178 +108
18	24	+157 +136	+169 +136	+188 +136	+220 +136
24	30	+181 +160	+193 +160	+212 +160	+244 +160
30	40	+225 +200	+239 +200	+262 +200	+300 +200
40	50	+267 +242	+281 +242	+304 +242	+342 +242
50	65	+330 +300	+346 +300	+374 +300	+420 +300
65	80	+390 +360	+406 +360	+434 +360	+480 +360
80	100	+480 +445	+499 +445	+532 +445	+585 +445
100	120	+560 +525	+579 +525	+612 +525	+665 +525
120	140	+660 +620	+683 +620	+720 +620	+780 +620
140	160	+740 +700	+763 +700	+800 +700	+860 +700
160	180	+820 +780	+843 +780	+880 +780	+940 +780
180	200	+926 +880	+952 +880	+995 +880	+1065 +880
200	225	+1006 +960	+1032 +960	+1075 +960	+1145 +960
225	250	+1096 +1050	+1122 +1050	+1165 +1050	+1235 +1050
250	280	+1252 +1200	+1281 +1200	+1330 +1200	+1410 +1200
280	315	+1352 +1300	+1381 +1300	+1430 +1300	+1510 +1300
315	355	+1557 +1500	+1589 +1500	+1640 +1500	+1730 +1500
355	400	+1707 +1650	+1739 +1650	+1790 +1650	+1880 +1650
400	450	+1913 +1850	+1947 +1850	+2005 +1850	+2100 +1850
450	500	+2163 +2100	+2197 +2100	+2255 +2100	+2350 +2100



（续）

	zc				
11	7	8	9	10	11
+100 +40	+70 +60	+74 +60	+85 +60	+100 +60	+120 +60
+125 +50	+92 +80	+98 +80	+110 +80	+128 +80	+155 +80
+157 +67	+112 +97	+119 +97	+133 +97	+155 +97	+187 +97
+200 +90	+148 +130	+157 +130	+173 +130	+200 +130	+240 +130
+218 +108	+168 +150	+177 +150	+193 +150	+220 +150	+260 +150
+266 +136	+209 +188	+221 +188	+240 +188	+272 +188	+318 +188
+290 +160	+239 +218	+251 +218	+270 +218	+302 +218	+348 +218
+360 +200	+299 +274	+313 +274	+336 +274	+374 +274	+434 +274
+402 +242	+350 +325	+364 +325	+387 +325	+425 +325	+485 +325
+490 +300	+435 +405	+451 +405	+479 +405	+525 +405	+595 +405
+550 +360	+510 +480	+526 +480	+554 +480	+600 +480	+670 +480
+665 +445	+620 +585	+639 +585	+672 +585	+725 +585	+805 +585
+745 +525	+725 +690	+744 +690	+777 +690	+830 +690	+910 +690
+870 +620	+840 +800	+863 +800	+900 +800	+960 +800	+1050 +800
+950 +700	+940 +900	+963 +900	+1000 +900	+1060 +900	+1150 +900
+1030 +780	+1040 +1000	+1063 +1000	+1100 +1000	+1160 +1000	+1250 +1000
+1170 +880	+1196 +1150	+1222 +1150	+1265 +1150	+1335 +1150	+1440 +1150
+1250 +960	+1296 +1250	+1322 +1250	+1365 +1250	+1435 +1250	+1540 +1250
+1340 +1050	+1396 +1350	+1422 +1350	+1465 +1350	+1535 +1350	+1640 +1350
+1520 +1200	+1602 +1550	+1631 +1550	+1680 +1550	+1760 +1550	+1870 +1550
+1620 +1300	+1752 +1700	+1781 +1700	+1830 +1700	+1910 +1700	+2020 +1700
+1860 +1500	+1957 +1900	+1989 +1900	+2040 +1900	+2130 +1900	+2260 +1900
+2010 +1650	+2157 +2100	+2189 +2100	+2240 +2100	+2330 +2100	+2460 +2100
+2250 +1850	+2463 +2400	+2497 +2400	+2555 +2400	+2650 +2400	+2800 +2400
+2500 +2100	+2663 +2600	+2697 +2600	+2755 +2600	+2850 +2600	+3000 +2600

附录 C　公称尺寸至 500mm 的优先、常用配合

基孔制		$\frac{H6}{f5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H7}{f6}$	◤$\frac{H7}{g6}$	◤$\frac{H7}{h6}$
基轴制		$\frac{F6}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{F7}{h6}$	◤$\frac{G7}{h6}$	◤$\frac{H7}{h6}$
公称尺寸/mm		间隙					
大于	至						
—	3	+16 +6	+12 +2	+10 0	+22 +6	+18 +2	+16 0
3	6	+23 +10	+17 +4	+13 0	+30 +10	+24 +4	+20 0
6	10	+28 +13	+20 +5	+15 0	+37 +13	+29 +5	+24 0
10 14	14 18	+35 +16	+25 +6	+19 0	+45 +16	+35 +6	+29 0
18 24	24 30	+42 +20	+29 +7	+22 0	+54 +20	+41 +7	+34 0
30 40	40 50	+52 +25	+36 +9	+27 0	+66 +25	+50 +9	+41 0
50 65	65 80	+62 +30	+42 +10	+32 0	+79 +30	+59 +10	+49 0
80 100	100 120	+73 +36	+49 +12	+37 0	+93 +36	+69 +12	+57 0
120 140 160	140 160 180	+86 +43	+57 +14	+43 0	+108 +43	+79 +14	+65 0
180 200 225	200 225 250	+99 +50	+64 +15	+49 0	+125 +50	+90 +15	+75 0
250 280	280 315	+111 +56	+72 +17	+55 0	+140 +56	+101 +17	+84 0
315 355	355 400	+123 +62	+79 +18	+61 0	+155 +62	+111 +18	+93 0
400 450	450 500	+135 +68	+87 +20	+67 0	+171 +68	+123 +20	+103 0

注：1. 表中"+"值为间隙量，"-"值为过盈量。
2. 标注◤的配合为优先配合。



极限间隙或极限过盈（GB/T 1801—2009）

（单位：μm）

$\frac{H8}{e7}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{g7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f8}$
$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$
配合						
+38 +14	+30 +6	+26 +2	+24 0	+48 +20	+42 +14	+34 +6
+50 +20	+40 +10	+34 +4	+30 0	+66 +30	+56 +20	+46 +10
+62 +25	+50 +13	+42 +5	+37 0	+84 +40	+69 +25	+57 +13
+77 +32	+61 +16	+51 +6	+45 0	+104 +50	+86 +32	+70 +16
+94 +40	+74 +20	+61 +7	+54 0	+131 +65	+106 +40	+86 +20
+114 +50	+89 +25	+73 +9	+64 0	+158 +80	+128 +50	+103 +25
+136 +60	+106 +30	+86 +10	+76 0	+192 +100	+152 +60	+122 +30
+161 +72	+125 +36	+101 +12	+89 0	+228 +120	+180 +72	+144 +36
+188 +85	+146 +43	+117 +14	+103 0	+271 +145	+211 +85	+169 +43
+218 +100	+168 +50	+133 +15	+118 0	+314 +170	+244 +100	+194 +50
+243 +110	+189 +56	+150 +17	+133 0	+352 +190	+272 +110	+218 +56
+271 +125	+208 +62	+164 +18	+146 0	+388 +210	+303 +125	+240 +62
+295 +135	+228 +68	+180 +20	+160 0	+424 +230	+329 +135	+262 +68

基孔制		$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H9}{c9}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$	$\frac{H9}{h9}$
基轴制		$\frac{H8}{h8}$		$\frac{D9}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$	$\frac{H9}{h9}$
公称尺寸/mm		间隙					
大于	至						
—	3	+28 0	+110 +60	+70 +20	+64 +14	+56 +6	+50 0
3	6	+36 0	+130 +70	+90 +30	+80 +20	+70 +10	+60 0
6	10	+44 0	+152 +80	+112 +40	+97 +25	+85 +13	+72 0
10	14	+54 0	+181 +95	+136 +50	+118 +32	+102 +16	+86 0
14	18						
18	24	+66 0	+214 +110	+169 +65	+144 +40	+124 +20	+104 0
24	30						
30	40	+78 0	+244 +120	+204 +80	+174 +50	+149 +25	+124 0
40	50		+254 +130				
50	65	+92 0	+288 +140	+248 +100	+208 +60	+178 +30	+148 0
65	80		+298 +150				



（续）

H10/c10	H10/d10	H10/h10	H11/a11	H11/b11	H11/c11	H11/d11
	D10/h10	H10/h10	A11/h11	B11/h11	C11/h11	D11/h11
配合						
+140 +60	+100 +20	+80 0	+390 +270	+260 +140	+180 +60	+140 +20
+166 +70	+126 +30	+96 0	+420 +270	+290 +140	+220 +70	+180 +30
+196 +80	+156 +40	+116 0	+460 +280	+330 +150	+260 +80	+220 +40
+235 +95	+190 +50	+140 0	+510 +290	+370 +150	+315 +95	+270 +50
+278 +110	+233 +65	+168 0	+560 +300	+420 +160	+370 +110	+325 +65
+320 +120	+280 +80	+200 0	+630 +310	+490 +170	+440 +120	+400 +80
+330 +130			+640 +320	+500 +180	+450 +130	
+380 +140	+340 +100	+240 0	+720 +340	+570 +190	+520 +140	+480 +100
+390 +150			+740 +360	+580 +200	+530 +150	

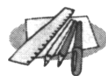
基孔制		H8/h8	H9/c9	▲H9/d9	H9/e9	H9/f9	▲H9/h9
基轴制		H8/h8		▲D9/h9	E9/h9	F9/h9	▲H9/h9
公称尺寸/mm		间隙					
大于	至						
80	100	+108 0	+344 +170	+294 +120	+246 +72	+210 +36	+174 0
100	120		+354 +180				
120	140	+126 0	+400 +200	+345 +145	+285 +85	+243 +43	+200 0
140	160		+410 +210				
160	180		+430 +230				
180	200	+144 0	+470 +240	+400 +170	+330 +100	+280 +50	+230 0
200	225		+490 +260				
225	250		+510 +280				
250	280	+162 0	+560 +300	+450 +190	+370 +110	+316 +56	+260 0
280	315		+590 +330				
315	355	+178 0	+640 +360	+490 +210	+405 +125	+342 +62	+280 0
355	400		+680 +400				
400	450	+194 0	+750 +440	+540 +230	+445 +135	+378 +68	+310 0
450	500		+790 +480				



（续）

H10/c10	H10/d10	H10/h10	H11/a11	H11/b11	H11/c11	H11/d11
	D10/h10	H10/h10	A11/h11	B11/h11	C11/h11	D11/h11
配合						
+450 +170	+400 +120	+280 0	+820 +380	+660 +220	+610 +170	+560 +120
+460 +180			+850 +410	+680 +240	+620 +180	
+520 +200	+465 +145	+320 0	+960 +460	+760 +260	+700 +200	+645 +145
+530 +210			+1020 +520	+780 +280	+710 +210	
+550 +230			+1080 +580	+810 +310	+730 +230	
+610 +240	+540 +170	+370 0	+1240 +660	+920 +340	+820 +240	+750 +170
+630 +260			+1320 +740	+960 +380	+840 +260	
+650 +280			+1400 +820	+1000 +420	+860 +280	
+720 +300	+610 +190	+420 0	+1560 +920	+1120 +480	+940 +300	+830 +190
+750 +330			+1690 +1050	+1180 +540	+970 +330	
+820 +360	+670 +210	+460 0	+1920 +1200	+1320 +600	+1080 +360	+930 +210
+860 +400			+2070 +1350	+1400 +680	+1120 +400	
+940 +440	+730 +230	+500 0	+2300 +1500	+1560 +760	+1240 +440	+1030 +230
+980 +480			+2450 +1650	+1640 +840	+1280 +480	

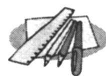
基孔制		$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H12}{b12}$	$\frac{H12}{h12}$	$\frac{H6}{js5}$	
基轴制		$\frac{H11}{h11}$	$\frac{B12}{h12}$	$\frac{H12}{h12}$		$\frac{JS6}{h5}$
公称尺寸/mm		间隙配合				
大于	至					
—	3	+120 0	+340 +140	+200 0	+8 -2	+7 -3
3	6	+150 0	+380 +140	+240 0	+10.5 -2.5	+9 -4
6	10	+180 0	+450 +150	+300 0	+12 -3	+10.5 -4.5
10	14	+220 0	+510 +150	+360 0	+15 -4	+13.5 -5.5
14	18					
18	24	+260 0	+580 +160	+420 0	+17.5 -4.5	+15.5 -6.5
24	30					
30	40	+320 0	+670 +170	+500 0	+21.5 -5.5	+19 -8
40	50		+680 +180			
50	65	+380 0	+790 +190	+600 0	+25.5 -6.5	+22.5 -9.5
65	80		+800 +200			



（续）

H6/k5		H6/m5		H7/js6		▲ H7/k6	
	K6/h5		M6/h5		JS7/h6		▲ K7/h6
过渡配合							
+6 -4	+4 -6	+4 -6	+2 -8	+13 -3	+11 -5	+10 -6	+6 -10
+7 -6		+4 -9		+16 -4	+14 -6	+11 -9	
+8 -7		+3 -12		+19.5 -4.5	+16 -7	+14 -10	
+10 -9		+4 -15		+23.5 -5.5	+20 -9	+17 -12	
±11		+5 -17		+27.5 -6.5	+23 -10	+19 -15	
+14 -13		+7 -20		+33 -8	+28 -12	+23 -18	
+17 -15		+8 -24		+39.5 -9.5	+34 -15	+28 -21	

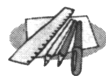
基孔制		H11/h11	H12/b12	H12/h12	H6/js5	
基轴制		H11/h11	B12/h12	H12/h12		JS6/h5
公称尺寸/mm		间隙配合				
大于	至					
80	100	+440 0	+920 +220	+700 0	+29.5 −7.5	+26 −11
100	120		+940 +240			
120	140	+500 0	+1060 +260	+800 0	+34 −9	+30.5 −12.5
140	160		+1080 +280			
160	180		+1110 +310			
180	200	+580 0	+1260 +340	+920 0	+39 −10	+34.5 −14.5
200	225		+1300 +380			
225	250		+1340 +420			
250	280	+640 0	+1520 +480	+1040 0	+43.5 −11.5	+39 −16
280	315		+1580 +540			
315	355	+720 0	+1740 +600	+1140 0	+48.5 −12.5	+43 −18
355	400		+1820 +680			
400	450	+800 0	+2020 +760	+1260 0	+53.5 −13.5	+47 −20
450	500		+2100 +840			



（续）

$\frac{H6}{k5}$		$\frac{H6}{m5}$		$\frac{H7}{js6}$		$\frac{H7}{k6}$	
	$\frac{K6}{h5}$		$\frac{M6}{h5}$		$\frac{JS7}{h6}$		$\frac{K7}{h6}$
过渡配合							
+19 −18		+9 −28		+46 −11	+39 −17	+32 −25	
+22 −21		+10 −33		+52.5 −12.5	+45 −20	+37 −28	
+25 −24		+12 −37		+60.5 −14.5	+52 −23	+42 −33	
+28 −27		+12 −43	+14 −41	+68 −16	+58 −26	+48 −36	
+32 −29		+15 −46		+75 −18	+64 −28	+53 −40	
+25 −32		+17 −50		+83 −20	+71 −31	+58 −45	

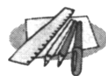
基孔制		H7/m6		◤H7/n6		H8/js7	
基轴制			M7/h6		◤N7/h6		JS8/h7
公称尺寸/mm		过盈					
大于	至						
—	3	±8	+4 −12	+6 −10	+2 −14	+19 −5	+17 −7
3	6	+8 −12		+4 −16		+24 −6	+21 −9
6	10	+9 −15		+5 −19		+29 −7	+26 −11
10 14	14 18	+11 −18		+6 −23		+36 −9	+31 −13
18 24	24 30	+13 −21		+6 −28		+43 −10	+37 −16
30 40	40 50	+16 −25		+8 −33		+51 −12	+44 −19
50 65	65 80	+19 −30		+10 −39		+61 −15	+53 −23
80 100	100 120	+22 −35		+12 −45		+71 −17	+62 −27
120 140 160	140 160 180	+25 −40		+13 −52		+83 −20	+71 −31
180 200 225	200 225 250	+29 −46		+15 −60		+95 −23	+82 −36
250 280	280 315	+32 −52		+18 −66		+107 −26	+92 −40
315 355	355 400	+36 −57		+20 −73		+117 −28	+101 −44
400 450	450 500	+40 −63		+23 −80		+128 −31	+111 −48



（续）

$\frac{H8}{k7}$		$\frac{H8}{m7}$		$\frac{H8}{n7}$		$\frac{H8}{p7}$
	$\frac{K8}{h7}$		$\frac{M8}{h7}$		$\frac{N8}{h7}$	
配合						
+14 −10	+10 −14	+12 −12	+8 −16	+10 −14	+6 −18	+8 −16
+17 −13		+14 −16		+10 −20		+6 −24
+21 −16		+16 −21		+12 −25		+7 −30
+26 −19		+20 −25		+15 −30		+9 −36
+31 −23		+25 −29		+18 −36		+11 −43
+37 −27		+30 −34		+22 −42		+13 −51
+44 −32		+35 −41		+26 −50		+14 −62
+51 −38		+41 −48		+31 −58		+17 −72
+60 −43		+48 −55		+36 −67		+20 −83
+68 −50		+55 −63		+41 −77		+22 −96
+77 −56		+61 −72		+47 −86		+25 −108
+85 −61		+68 −78		+52 −94		+27 −119
+92 −68		+74 −86		+57 −103		+29 −131

<table>
<tr><td colspan="2">基孔制</td><td>H6/n5</td><td></td><td>H6/p5</td><td></td><td>H6/r5</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">基轴制</td><td></td><td>N6/h5</td><td></td><td>P6/h5</td><td></td><td>R6/h5</td></tr>
<tr><td colspan="2">公称尺寸/mm</td><td colspan="6" rowspan="2">过盈</td></tr>
<tr><td>大于</td><td>至</td></tr>
<tr><td>—</td><td>3</td><td>+2
-8</td><td>0
-10</td><td>0
-10</td><td>-2
-12</td><td>-4
-14</td><td>-6
-16</td></tr>
<tr><td>3</td><td>6</td><td colspan="2">0
-13</td><td colspan="2">-4
-17</td><td colspan="2">-7
-20</td></tr>
<tr><td>6</td><td>10</td><td colspan="2">-1
-16</td><td colspan="2">-6
-21</td><td colspan="2">-10
-25</td></tr>
<tr><td>10</td><td>14</td><td colspan="2" rowspan="2">-1
-20</td><td colspan="2" rowspan="2">-7
-26</td><td colspan="2" rowspan="2">-12
-31</td></tr>
<tr><td>14</td><td>18</td></tr>
<tr><td>18</td><td>24</td><td colspan="2" rowspan="2">-2
-24</td><td colspan="2" rowspan="2">-9
-31</td><td colspan="2" rowspan="2">-15
-37</td></tr>
<tr><td>24</td><td>30</td></tr>
<tr><td>30</td><td>40</td><td colspan="2" rowspan="2">-1
-28</td><td colspan="2" rowspan="2">-10
-37</td><td colspan="2" rowspan="2">-18
-45</td></tr>
<tr><td>40</td><td>50</td></tr>
<tr><td>50</td><td>65</td><td colspan="2" rowspan="2">-1
-33</td><td colspan="2" rowspan="2">-13
-45</td><td colspan="2">-22
-54</td></tr>
<tr><td>65</td><td>80</td><td colspan="2">-24
-56</td></tr>
</table>

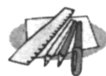


（续）

<table>
<tr><td>H6/s5</td><td></td><td>H6/t5</td><td>H7/p5</td><td></td><td>H7/r6</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>S6/h5</td><td>T6/h5</td><td></td><td>P7/h6</td><td></td><td>R7/h6</td></tr>
<tr><td colspan="7">配合</td></tr>
<tr><td>−8
−18</td><td>−10
−20</td><td>—</td><td>+4
−12</td><td>0
−16</td><td>0
−16</td><td>−4
−20</td></tr>
<tr><td colspan="2">−11
−24</td><td>—</td><td colspan="2">0
−20</td><td colspan="2">−3
−23</td></tr>
<tr><td colspan="2">−14
−29</td><td>—</td><td colspan="2">0
−24</td><td colspan="2">−4
−28</td></tr>
<tr><td colspan="2">−17
−36</td><td>—</td><td colspan="2">0
−29</td><td colspan="2">−5
−34</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">−22
−44</td><td>—</td><td colspan="2" rowspan="2">−1
−35</td><td colspan="2" rowspan="2">−7
−41</td></tr>
<tr><td>−28
−50</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">−27
−54</td><td>−32
−59</td><td colspan="2" rowspan="2">−1
−42</td><td colspan="2" rowspan="2">−9
−50</td></tr>
<tr><td>−38
−65</td></tr>
<tr><td colspan="2">−34
−66</td><td>−47
−79</td><td colspan="2" rowspan="2">−2
−51</td><td colspan="2">−11
−60</td></tr>
<tr><td colspan="2">−40
−72</td><td>−56
−88</td><td colspan="2">−13
−62</td></tr>
</table>

基孔制		$\frac{H6}{n5}$		$\frac{H6}{p5}$		$\frac{H6}{r5}$	
基轴制			$\frac{N6}{h5}$		$\frac{P6}{h5}$		$\frac{R6}{h5}$
公称尺寸/mm		过盈					
大于	至						
80	100	−1 −38		−15 −52		−29 −66	
100	120					−32 −69	
120	140	−2 −45		−18 −61		−38 −81	
140	160					−40 −83	
160	180					−43 −86	
180	200	−2 −51		−21 −70		−48 −97	
200	225					−51 −100	
225	250					−55 −104	
250	280	−2 −57		−24 −79		−62 −117	
280	315					−66 −121	
315	355	−1 −62		−26 −87		−72 −133	
355	400					−78 −139	
400	450	0 −67		−28 −95		−86 −153	
450	500					−92 −159	

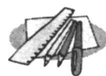
注：$\frac{H6}{n5}$、$\frac{H7}{p6}$在公称尺寸小于或等于 3mm 时，为过盈配合。



（续）

$\frac{H6}{s5}$		$\frac{H6}{t5}$	$\frac{H7}{p5}$		$\frac{H7}{r6}$	
	$\frac{S6}{h5}$	$\frac{T6}{h5}$		$\frac{P7}{h6}$		$\frac{R7}{h6}$
配合						
−49 −86		−69 −106	−2 −59		−16 −73	
−57 −94		−82 −119			−19 −76	
−67 −110		−97 −140	−3 −68		−23 −88	
−75 −118		−109 −152			−25 −90	
−83 −126		−121 −164			−28 −93	
−93 −142		−137 −186	−4 −79		−31 −106	
−101 −150		−151 −200			−34 −109	
−111 −160		−167 −216			−38 −113	
−126 −181		−186 −241	−4 −88		−42 −126	
−138 −193		−208 −263			−46 −130	
−154 −215		−232 −293	−5 −98		−51 −144	
−172 −233		−258 −319			−57 −150	
−192 −259		−290 −357	−5 −108		−63 −166	
−212 −279		−320 −387			−69 −172	

基孔制		H7/s6		H7/t6	H7/u6		H7/v6
基轴制			S7/h6	T7/h6		U7/h6	
公称尺寸/mm							过盈
大于	至						
—	3	-4 -20	-8 -24	—	-8 -24	-12 -28	—
3	6	-7 -27		—	-11 -31		—
6	10	-8 -32		—	-13 -37		—
10	14	-10 -39		—	-15 -44		—
14	18						-21 -50
18	24	-14 -48		—	-20 -54		-26 -60
24	30			-20 -54	-27 -61		-34 -68
30	40	-18 -59		-23 -64	-35 -76		-43 -84
40	50			-29 -70	-45 -86		-56 -97
50	65	-23 -72		-36 -85	-57 -106		-72 -121
65	80	-29 -78		-45 -94	-72 -121		-90 -139



（续）

$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$
配合						
−10 −26	—	−16 −32	+4 −20	0 −24	—	−4 −28
−16 −36	—	−23 −43	+3 −27	−1 −31	—	−5 −35
−19 −43	—	−27 −51	+3 −34	−1 −38	—	−6 −43
−22 −51	—	−32 −61	+4 −41	−1 −46	—	−6 −51
−27 −56	—	−42 −71				
−33 −67	−42 −76	−52 −86	+5 −49	−2 −56	—	−8 −62
−43 −77	−54 −88	−67 −101			−8 −62	−15 −69
−55 −96	−69 −110	−87 −128	+5 −59	−4 −68	−9 −73	−21 −85
−72 −113	−89 −130	−111 −152			−15 −79	−31 −95
−92 −141	−114 −163	−142 −191	+5 −71	−7 −83	−20 −96	−41 −117
−116 −165	−144 −193	−180 −229	+3 −73	−13 −89	−29 −105	−56 −132

基孔制		$\frac{H7}{s6}$		$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$		$\frac{H7}{v6}$
基轴制			$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$		$\frac{U7}{h6}$	
公称尺寸/mm		过盈					
大于	至						
80	100	−36 −93		−56 −113	−89 −146		−111 −168
100	120	−44 −101		−69 −126	−109 −166		−137 −194
120	140	−52 −117		−82 −147	−130 −195		−162 −227
140	160	−60 −125		−94 −159	−150 −215		−188 −253
160	180	−68 −133		−106 −171	−170 −235		−212 −277
180	200	−76 −151		−120 −195	−190 −265		−238 −313
200	225	−84 −159		−134 −209	−212 −287		−264 −339
225	250	−94 −169		−150 −225	−238 −313		−294 −369
250	280	−106 −190		−166 −250	−263 −347		−333 −417
280	315	−118 −202		−188 −272	−298 −382		−373 −457
315	355	−133 −226		−211 −304	−333 −426		−418 −511
355	400	−151 −244		−237 −330	−378 −471		−473 −566
400	450	−169 −272		−267 −370	−427 −530		−532 −635
450	500	−189 −292		−297 −400	−477 −580		−597 −700

注：$\frac{H8}{r7}$在小于或等于 100mm 时，为过盈配合。



（续）

H7/x6	H7/y6	H7/z6	H8/r7	H8/s7	H8/t7	H8/u7
配合						
−143 −200	−179 −236	−223 −280	+3 −86	−17 −106	−37 −126	−70 −159
−175 −232	−219 −276	−275 −332	0 −89	−25 −114	−50 −139	−90 −179
−208 −273	−260 −325	−325 −390	0 −103	−29 −132	−59 −162	−107 −210
−240 −305	−300 −365	−375 −440	−2 −105	−37 −140	−71 −174	−127 −230
−270 −335	−340 −405	−425 −490	−5 −108	−45 −148	−83 −186	−147 −250
−304 −379	−379 −454	−474 −549	−5 −123	−50 −168	−94 −212	−164 −282
−339 −414	−424 −499	−529 −604	−8 −126	−58 −176	−108 −226	−186 −304
−379 −454	−474 −549	−594 −669	−12 −130	−68 −186	−124 −242	−212 −330
−423 −507	−528 −612	−658 −742	−13 −146	−77 −210	−137 −270	−234 −367
−473 −557	−598 −682	−738 −822	−17 −150	−89 −222	−159 −292	−269 −402
−533 −626	−673 −766	−843 −936	−19 −165	−101 −247	−179 −325	−301 −447
−603 −696	−763 −856	−943 −1036	−25 −171	−119 −265	−205 −351	−346 −492
−677 −780	−857 −960	−1037 −1140	−29 −189	−135 −295	−233 −393	−393 −553
−757 −860	−937 −1040	−1187 −1290	−35 −195	−155 −315	−263 −423	−443 −603

应用面广 —— 涉及国民经济的众多行业

注重实用 —— 作者40多年的经验汇总

内容全新 —— 采用2016年前的最新标准

长销不衰 —— 前4版累计销量近20万册

GONGCHA YU PEIHE WENDA

上架指导 工业技术／机械工程／机械基础

策划编辑◎王晓洁 ／封面设计◎马精明

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203
网络服务
机工官网：www.cmpbook.com
机工官博：weibo.com/cmp1952
金书网：www.golden-book.com
教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版



机械工业出版社微信公众号



ISBN 978-7-111-55370-0

定价：49.80元